

GEOFAG I FOKUS

Konstruksjon av kunnskap: Elevers ideer i geofag

Hovedfagsoppgave i realfagdidaktikk

av

Eva Karine Disch Ringstad



Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling

Universitetet i Oslo

Mai 2007

Forord

Ønsker med dette å takke lærerne på Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling. Helt spesielt takkes mine veiledere Svein Lie og Marit Kjærnsli for tålmodighet og oppmuntring. Og takk til kontorsekretær Marion Lunde Caspersen som forsikret meg, selv om tiden gikk, om at jeg stadig lå inne i systemet.

Andre lærere ved Instituttet som har vært kursledere for meg og til stor inspirasjon og som jeg ønsker å takke her er Doris Jorde, Liv Sissel Grønmo og Gunnar Gjone.

To hyggelige og hjelpsomme medstudenter som jeg hadde lærerik studietid sammen med mens jeg tok de obligatoriske hovedfagskursene og som jeg gjerne vil takke er Nina Elisabeth Arnesen og Ole Kristian Bergem.

Familiær takk går til min eldste sønn, Torgny Rune, min gode hjelper med praktiske ting i hus og hjem, og alltid ivrig og engasjert med på leting etter fossiler, mineraler og bergarter. Og takk til min yngste sønn, Erlend Kyrre, som har vært til stor hjelp med de tekniske problemer i forbindelse med denne hovedoppgaven, helt spesielt med å ferdigstille de grafiske kartene i figurene mine ved hjelp av Excel.

Takk også til mine to barnebarn Tage og Isak som skaffer meg hyggelige avbrekk, med atspredelse og morsomme episoder i hverdagen og er min modne alders store glede.

Så er det noen der ute det ikke er relevant, direkte ved navns nevning, å takke her. Hvis du er en av dem, skal du vite at jeg ikke har glemt at du jevnlig, eller sporadisk (eller i min erindring) har kommet med oppmerksom oppmuntring – fordi du hele tiden trodde på meg, og inderlig ville at jeg skulle fullføre mitt arbeid med min hovedfagsoppgave i realfagdidaktikk og bli ferdig cand. scient. Jeg takker deg her og nå.

Mai 2007

Eva Karine Disch Ringstad

Innhold

1. INNLEDNING	7
1.1 OPPGAVENS BAKGRUNN.....	7
1.2 MÅLSETTING.....	9
1.3 OVERSIKT OVER OPPGAVEN	9
2. GEOFAG – SKOLEFAG	10
2.1 GEOFAG OG GEOVITENSKAP	10
2.2 NATURFAG OG NATURVITENSKAP.....	11
2.3 PEDAGOGIKK OG DIDAKTIKK	13
2.4 LÆREPLANER	14
2.4.1 Læreplan	14
2.4.2 TIMSS	16
2.4.3 PISA	17
2.4.4 Argumenter for naturfag som allmenndannelse.....	18
2.4.5 Mønsterplanen for grunnskolen – 1987.....	20
2.4.6 Læreplan for den 10-årige grunnskolen – 1997	22
2.4.7 Kunnskapsløftet K 06.....	23
3. KONSTRUKTIVISME – KUNNSKAPSKONSTRUKSJON	25
3.1 VITENSKAPSSYN OG ERKJENNELSESTEORI.....	25
3.2 LÆRINGSTEORIER.....	31
3.2.1 Læringsteoretiske retninger.....	31
3.2.2 Piagets teorier.....	31
3.2.3 Bruners teori.....	34
3.2.4 Gagnés teori.....	34
3.2.5 Ausubels teori	36
3.2.6 Vygotskys teori.....	37
3.2.7 Rosalind Drivers bidrag	40
3.2.8 Læring som informasjonsbehandling.....	46
3.3 KONSTRUKTIVISMEN SOM UNDERVISNINGSTEORI ?.....	58
3.3.1 Eleven i fokus	59
3.3.2 Kommunikasjon og kontekst	61

3.3.3	<i>Det tilrettelagte klasserom</i>	62
4.	FORSKNING PÅ MENTALE MODELLER	68
4.1	REALFAGDIDAKTISK FORSKNING PÅ EMNER	68
4.2	EVOLUSJON FRA HVERDAGSIDEER TIL VITENSKAPELIGE IDEER	70
4.2.1	<i>The Earth as a Cosmic body</i>	71
4.2.2	<i>Kognitive vanskeligheter ved ny internalisering</i>	73
4.2.3	<i>Barns forestillinger om Jorden</i>	74
4.3	BEGREPSENDRINGSPROSESSER MED SYNTETISKE IDEER	75
4.3.1	<i>"Conceptual change"-tilnærmingen</i>	75
4.3.2	<i>Konstruksjon av syntetiske modeller</i>	77
4.3.3	<i>Kommunikasjon av informasjon</i>	78
4.4	INTUITIVE IDEER	79
4.5	FORSKERNES TOLKNINGER OG FORSLAG	81
5.	METODER OG DATAKILDER	83
5.1	GENERELT	83
5.2	TIMSS 1995 OG 2003	83
5.2.1	<i>Historikk TIMSS 1995 og 2003</i>	83
5.2.2	<i>Organisering og mål</i>	84
5.2.3	<i>Populasjoner</i>	85
5.2.4	<i>Oppgaver og koding</i>	85
5.2.5	<i>Rammeverk</i>	86
5.3	PISA 2000 OG 2003	88
5.3.1	<i>Historikk PISA 2000 og 2003</i>	88
5.3.2	<i>Organisering og mål</i>	89
5.3.3	<i>Populasjonen</i>	89
5.3.4	<i>Oppgaver og koding</i>	90
5.3.5	<i>Rammeverk (Scientific Literacy)</i>	91
5.4	TIMSS OG PISA OG L 97	93
5.5	KARAKTERISTISKE TREKK	93
5.6	METODE FOR STUDIEN	94
5.7	VALIDITET OG RELIABILITET	96
5.8	METODEKRITIKK	97
6.	RESULTATER	100

6.1	OPPGAVENE I TIMSS OG PISA	100
6.2	TIMSS 1995	101
6.2.1	<i>De beste norske besvarelsene i TIMSS 1995</i>	102
6.2.2	<i>Mindre gode besvarer i TIMSS 1995</i>	105
6.3	TIMSS 2003	107
6.3.1	<i>De beste norske besvarelsene i TIMSS 2003</i>	108
6.3.2	<i>Mindre bra besvarer i TIMSS 2003</i>	111
6.3.3	<i>Middels besvarer i TIMSS 2003</i>	112
6.4	PISA 2000 OG PISA 2003.....	113
6.4.1	"Ozon"	114
6.4.2	"Drivhuseffekten"	116
6.4.3	"Dagslys"	117
6.4.4	"Sør-Regnland"	119
6.4.5	"Jordas temperatur"	120
6.4.6	"Tidevann" og "Tidevannsenergi"	121
6.4.7	"Vann"	122
6.4.8	Opptelling av oppgaver for PISA 2000 og PISA 2003	123
6.4.9	Sammenholdte resultater	124
7.	KONKLUSJON	126
7.1	OPPSUMMERING	126
7.1.1	<i>TIMSS 1995: Elevprestasjoner, 13-åringer (7. klasse)</i>	126
7.1.2	<i>TIMSS 2003: Elevprestasjoner, 13-åringer (8. klasse)</i>	127
7.1.3	<i>PISA 2000: Elevprestasjoner, 15-åringer</i>	127
7.1.4	<i>PISA 2003: Elevprestasjoner, 15-åringer</i>	128
7.1.5	<i>Oppsummering av mine funn i geofag</i>	128
	<i>TIMSS 1995 og TIMSS 2003</i>	130
	<i>PISA 2000 og PISA 2003</i>	130
7.2	SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	131
7.2.1	<i>Konstruksjon av kunnskap</i>	131
7.2.2	<i>Elevers kunnskaper i geofag</i>	131
7.2.3	<i>Elevers kompetanser</i>	131
7.2.4	<i>Undervisning og skole</i>	132
8.	REFERANSER	133

9.	VEDLEGG	140
9.1	NATURFAGKATEGORIER.....	140
9.2	GRAFISKE KART	142

1. Innledning

1.1 Oppgavens bakgrunn

Mitt ønske om å skrive en hovedoppgave innen naturfagdidaktikk, spesielt rettet mot geologi eller geofag, stammer fra en genuin interesse for faget geologi og læring og utvikling gjennom flere års studier. Alle geofagene, ikke bare paleontologien som er den delen som omfatter fortidens plante- og dyreliv, rommer for meg en slags utvidet opplevelse av ”røtter”. ”Hvem er jeg? Hvor kommer jeg fra? Hvor går jeg hen?” er fundamentale menneskelige spørsmål og representerer et perspektiv som setter søkelyset mot vitenskapen om Jorda, vår klode. Naturvitenskapen har vokst frem som en følge av menneskers nysgjerrighet og behov for å finne svar på spørsmål om sin egen eksistens, liv og livsformer og vår plass i naturen og i universet og er på den måten en del av vår kultur. Hele vårt verdensbilde og synet på menneskets plass i universet er sterkt påvirket av naturvitenskapens forestillinger. Naturvitenskapens ambisjon er å observere, beskrive, forklare og i neste omgang predikere eller forutsi hvis mulig. Årsak – virkning eller kausalitet er sentrale begreper. Og naturvitenskapen er en del av vår kulturarv.

Geofagene og de øvrige naturfagene som skolefag, tok mål av seg å overleve til neste generasjon, de kunnskaper som var de beste vår kultur hadde. Viten innen naturfagene skulle fremstå som sikker erkjennelse vi kunne stole på.

Vi har passert år 2000 og lever i en tid da gamle ”sannheter” ikke lenger står fast. På leting etter nye fundamenter møter vi ideer om at bl.a. kunnskap om den virkelige verden bare er subjektiv og relativ. Og mange typer tro, overtro og ”ideologiske trosretninger” som er dårlig underbygget, griper folks interesse. For å fremme sunne forestillinger hos de unge menneskene er det viktig at skoleelever møtes med en ”bærekraftig opplæring” for sporing til egen læring og utvikling. God undervisning er ment å skulle bidra til å fremme: Entusiasme og engasjement – men samtidig en viss kritisk holdning og distanse.

”En interessant viten begynner alltid med det som er relevant”. For meg vil en interesse for det relevante, for muligheten av at ”den andres svar faktisk kan spille en rolle for mine spørsmål”, være en naturlig bakgrunn for denne oppgaven. Dette betyr at jeg startet med å sette meg inn i mine medstudenters hovedfagsoppgaver som en innfallsport for min egen, for om mulig å skape bånd og relasjoner.

Blant de mange som har skrevet hovedfagsoppgaver i løpet av de senere årene, med beslektede emner eller opplegg, har særlig tre vært grunnleggende for min egen bakgrunn for og opplæring til hovedoppgaveskriving, og disse vil jeg kort referere her, fordi jeg tolket dem som relevante for mine interesseområder.

En hovedfagsoppgave i naturfagdidaktikk av Anne Grete Sand (2001) tar for seg ”Hullet i drivhuseffekten – En studie av 15-åringers kunnskap om drivhuseffekt og ozonlag”. Dette dreier seg altså om miljøspørsmål blant de geofaglige emnene. Etter å ha opplevd at skoleelever i klasser hun hadde undervist, så på de globale miljøproblemene knyttet til drivhuseffekten og ozonlaget som to sider av samme sak, ønsket hun å undersøke om dette gjaldt for flere i en større sammenheng. Hun brukte datamaterialet til generalprøven i PISA 2000 (110-115 elever), og valgte ut de 12 test-oppgavene som hadde med fenomenene

drivhuseffekt og ozonlag å gjøre. Det var grunnskolens 10. klassinger (siste obligatoriske skoleår) som deltok i PISA-undersøkelsen, og det er nettopp i Læreplanen i naturfag for 10. klassetrinn at kunnskaper om drivhuseffekt og ozonlag finnes som uttalte mål for opplæring. Elevene blir bedt om å forklare drivhuseffekten og ozonlaget på grunnlag av den informasjonen de finner i oppgaveteksten. Ved hjelp av et to-sifret kodesystem med flere mulige koder for både rett og galt svar på de åpne oppgavene, får Sand belyst hvilke typer riktige og feilaktige forestillinger elevene har når de svarer på spørsmålene, og hun har fyldige kommentarer til resultatene for hver oppgave.

Det mest overraskende for meg var at såpass mange elever, 42 % i gjennomsnitt, til sammen leverte "blankt" eller svarte "vet ikke" på oppgavene. Da har de altså ikke gjort seg tanker der og da som de ønsket å dele med noen.

I en annen hovedfagsoppgave i naturfagdidaktikk "Gammel jord gjennom ny teknologi – Utvikling av et nettbasert undervisningsprogram for grunnskolen om norske jordarter" presenterer Nina Elisabeth Arnesen (2002) et program i programplattformen WISE på Internett innen det geologiske emnet "Norske jordarter". I den første delen av oppgaven tar hun for seg geofagenes omfang i de norske læreplanene fra den første nasjonale læreplan i året 1890 og fram til dagens læreplaner (L97). I den andre delen beskrives undervisningsprogrammet. Hun har dessuten undersøkt lærernes forhold til geofagene i en liten undersøkelse (Arnesen 2000) som er referert i avsnitt 1.4 i hennes hovedoppgave. I Arnesens undersøkelse kommer det fram at bare omkring en fjerdedel av de spurte lærerne har geofaglig kompetanse (personlig avkryssing på spørreskjema). Og mange av lærerne følte seg usikre med hensyn til å undervise i flere av de geologiske emnene. Arnesen (2002) har tatt utgangspunkt i lærernes oppfatning av hva de selv har av geofaglig kunnskap, og har utviklet sitt prosjekt ut i fra det.

For en oppsummering av eller utdypning i de geofaglige emnenes plass, innhold og arbeidsmåter i de norske læreplaner (1890-1970) henvises det til Arnesens (2002) arbeid – da dette ikke blir tatt opp her.

Ole Kristian Bergem (2002) har skrevet en hovedfagsoppgave i realfagdidaktikk "Utvikling av matematikkoppgaver i PISA", der han tar for seg nettopp utviklingen av matematikkoppgaver til PISA-undersøkelsen, PISA 2003. I PISA er ambisjonene å kunne måle det de definerer som *mathematical literacy*, ut i fra ulike perspektiver, i matematikk-delen (tilsvarende *scientific literacy* i naturfagdelen). Bergem (2002) foretar en kritisk-teoretisk analyse av konstruert *mathematical literacy*, slik det blir utviklet i PISA, og søker samtidig å sette dette inn i en faglig historisk-didaktisk sammenheng. Og han ser på de kravene som stilles til oppgaver i PISA som skal brukes for å måle *mathematical literacy*. Belysning av begrepet *literacy* er i høyeste grad relevant for meg der min sammenheng er *scientific literacy*.

PISA-undersøkelsene har kommet som en følge av en debatt som har pågått lenge:

... about appropriate goals for mathematic and science education, about the needs of young people leaving school and entering a complex world dominated by technology
(Orpwood & Garden 1998:18 i Bergem 2002:11).

Målet for PISA-undersøkelsene er å prøve å finne svar på spørsmålet om hvilke matematiske og naturfaglige kunnskaper elevene satt igjen med i 15-årsalderen etter 10 års skolegang, og i hvilken grad de var i stand til å anvende denne kunnskapen.

1.2 Målsetting

Målet med denne hovedoppgaven er å få bedre kjennskap til norske skoleelevers kunnskaper, forståelse av og forestillinger om noen utvalgte problemstillinger og emner innen geofag. Med en bedre innsikt i elevens ståsted og tankegang er det mulig, i neste omgang å skape en modell for undervisningsstrategier og undervisningspraksis som gir bedre læringsmiljø og læringsmuligheter for det unge mennesket.

Hovedfagsoppgaven min er to-delt og har som det ideelle mål å skaffe fram empiri om og teorier bak elevers konstruksjon av kunnskap og kompetanse innen geofag. Datakilden er den norske og nordiske delen av de internasjonale naturfagstudiene fra undersøkelser i TIMSS og PISA fra flere forskjellige år, med særlig fokus på oppgaver innen geofag. Testmaterialet er altså de norske og nordiske elevbesvarelsene i disse undersøkelsene, samt internasjonale gjennomsnitt som referanse. Det er mitt håp at resultatene av disse mine funn skal kunne inngå i overveielser omkring den fremtidige skoleutviklingen med tanke på for eksempel læreplan og praksis i skolestua.

Den teoretiske basis er fundert på en forskning innen kognitiv utvikling som belyser ulike vinklinger på undersøkelser av elevers erkjennelse, både produkt og prosess. Konstruktivismen står sentralt som utgangspunkt og rammeverk for utvikling av realfagdidaktikk (science education). Det er kunnskap om barns læring og forståelse, forestillinger og ideer, og kommunikasjon av disse, som er et hovedanliggende her. De to problemstillingene for hovedfagsoppgaven kan formuleres slik:

1. Hvilken betydning har det konstruktivistiske vitenskapssyn for det som har foregått og foregår av forskning innen læringsteorier; og hvilken betydning har dette fått for ideer om praksis for naturfag i skolen? Altså: Naturfagdidaktikkens utvikling med eksempler fra forskning innen geofag.
2. Hvilke kunnskaper har norske elever i geofag sammenliknet med elever i andre nordiske land og det internasjonale gjennomsnitt, med basis i de internasjonale studiene i TIMSS og PISA.

1.3 Oversikt over oppgaven

Inndelingen av denne oppgaven er slik den kommer fram av innholdsfortegnelsen med overskriftene fra hovedkapitler og del-kapitler. En oversikt over innholdet i de enkelte kapitlene kan likevel være et godt utgangspunkt.

Kapittel 1, Innledning, gir en kort omtale av oppgavens bakgrunn, målsetting og oversikt over kapitlene. Kapittel 2, Geofag – Skolefag, forklarer noen termer og definisjoner, for å plassere geofag som vitenskap og fagets plass i skolen; der også didaktikken kommer inn som basis for formidlingen. Læreplaner, og deres betydning for skole og samfunn, og omvendt samfunnets krav til læreplaner. Kapittel 3, Konstruktivisme – Kunnskapskonstruksjon, viser en historisk utvikling av naturfagdidaktikken, og ståsted per i dag. Kapittel 4, Forskning på mentale modeller, har noen eksempler fra naturfagdidaktisk forskning med elevers forestillinger om Jorden og utviklingen av disse. Kapittel 5, Metoder og datakilder, har samlet informasjon om historikk og metodikk for de store internasjonale studiene TIMSS og PISA. Kapittel 6, Resultater, gir en redegjørelse for norske elevers kunnskaper i emner innen geofag med basis i data-materialet fra TIMSS og PISA. Kapittel 7, Konklusjon, oppsummerer og konkluderer med utgangspunkt i funnene i naturfag generelt og geofag spesielt.

2. Geofag – Skolefag

2.1 Geofag og Geovitenskap

Geologi er et studiefag ved universiteter og høyskoler under navnet **geofag** ved Universitetet i Oslo og **geovitenskap** ved Universitetet i Bergen.

Geofagene utøves av geologer, geofysikere og geografer innen mange typer industrier på landjorda og havbunnen, innen forskningsinstitutter og utdanningsinstitusjoner.

Geovitenskapene har særlige kjennetegn felles med andre naturfag og som skiller dem fra andre vitenskaper. Disse særtrekkene kan være:

- eget språk med symboler, begreper og termer
- abstrakte modeller
- makronivå og mikronivå
- hierarkisk kunnskapsoppbygging
- erfaringsvitenskap, laboratoriearbeid
- internasjonal viten og arbeidsmåter
- del av vår kultur

Skole-elevne i Norge har ikke møtt termen geologi som navn på et eget fag, ikke tidligere og ikke i dag. I skolen har geologi tradisjonelt vært fagområder som er blitt undervist under andre fagnavn på timeplanen som geografi, fysikk, fysisk geografi og natur- og miljøfag. Der har geologi og geofagene innhold blitt introdusert i varierende grad. Kunnskaper om prosessene på Jorden, om solsystemet vårt og relasjonene mellom Jorden, Månen, Sola og planetene, har vært emner fordelt under disse fagene.

Ordet geologi stammer fra gresk der geo finnes i sammensetninger som angår Jorden og logi betyr læren om; altså sammenstilt: vitenskapen om Jordens sammensetning, bygning, tilblivelse og de forandringer den har gjennomgått og gjennomgår. En tidligere, eldre betegnelse for geologi var geognosi der gnosis betyr erkjennelse, viten, kunnskap.

En detaljert definisjon av begrepet **geologi** finnes i den amerikanske ordboken Dictionary of Geological terms (3rd ed. 1984) (4th 1997), oversatt av Naterstad (1995):

Geologi er studiet av planeten Jorden, materialene den er laget av, prosessene som virker på disse materialene, produktene som dannes, planetens historie og dens livsformer siden dens dannelse. Geologi handler om de fysiske kreftene som virker på Jorden, kjemiske forhold ved materialene den består av, og biologiske forhold ved dens tidligere livsformer – slik fossilene forteller om dem. Ved å studere månen og andre ekstraterrestriske legemer søker geologien å finne kunnskap om planetens opprinnelse. Den kunnskap som slik skaffes til veie utnyttes til beste for menneskene – ved søking i jordskorpen etter verdifulle mineraler og energikilder, for å peke ut trygge områder for byggverk og for å kunne forutsi noen av de farer de aktive kreftene i en dynamisk jord fører med seg (Bates & Jackson 1984; Naterstad 1995; Jackson 1997).

Denne definisjonen viser at geologi omfatter en lang rekke faglige spesialgrener. Det kan sies at geologi har samme omfang i den såkalte "livløse natur" som begrepet biologi har i "den levende natur" (Naterstad 1995:138-139).

Men verken på norsk eller engelsk representerer begrepet *geologi* et tilsvarende omfattende paraplybegrep som *biologi* gjør for de biologiske fagene eller det som rommes i biosfæren.

Geofag og **geovitenskap** er de norske paraplybegrepene som er utviklet for å romme det man på engelsk forstår med "geoscience" eller "earth science" og som geologi er en del av.

I Dictionary of Geological terms (3rd ed. 1984) (4th 1997) defineres **earth science** slik:

Et altomfattende begrep for naturvitenskaper knyttet til Jorden. Uttrykket brukes av og til synonymt med "geologi" eller "geologiske vitenskaper", men dette er misvisende. I et videre perspektiv kan geofag eller geovitenskap ("earth science") anses å omfatte fag som meteorologi, fysisk oseanografi, jordkjemi og agronomi (Bates & Jackson 1984; Jackson 1997; Arnesen 2002).

Med bakgrunn i en så kompleks sammensetning av fagområder har geofaglige emner tradisjonelt i norsk skole vært å finne under ulike fag på timeplanen som orienteringsfag, naturfag, fysisk geografi, fysikk og samfunnsfag, men mesteparten under geografi. Dette har ikke vært ledd i en form for "tidlig" fagintegrering, men heller slik at geologi har vært et "litt skjult" fag. Kanskje det har vært slik fordi geologi omfatter et så veldig stort fagkompleks, og skolefagene måtte hente sitt innhold fra utvalgte deler av disse emnene. Fagtermene geofag og geovitenskap som nå er tatt i bruk i skolen og på universitetsnivå, er omfattende og dekkende og derfor godt egnet.

I TIMSS-prosjektet brukes geofag synonymt med "earth science". Se appendiks X (på både norsk og engelsk) for en detaljert oversikt over inndelingen av begreper og emner dvs naturfag-kategorier for TIMSS-undersøkelsen.

Det er elevenes fagkunnskap i utvalgte deler av skolens opplæring av naturvitenskapen geofag som er denne studiens anliggende.

2.2 Naturfag og Naturvitenskap

Naturfag og naturvitenskap er fag eller vitenskaper som dreier seg om å beskrive og å forstå naturen omkring oss. Og det omfatter fag som biologi, fysikk, kjemi – samt geologi, geografi, geofysikk, astrofysikk, astronomi osv.

I studiehåndbøker fra universiteter ser man at det finnes veldig mange forskjellige naturvitenskapelige fag, selv om det opereres med bare noen få i norsk skole.

Naturvitenskapene er de organiserte vitenskapsdisiplinene, slik de finnes ved universiteter og forskningsinstitusjoner. Begrepet *naturfag* betyr gjerne *skolens naturfag*, som er ett eller flere fag som trekker sitt innhold i hovedsak fra disse vitenskapene. Skolens naturfag kan ikke – eller burde ikke kunne – deduseres eller utledes fra naturvitenskapen som vitenskapsfag, dvs ikke bare være en miniversjon av universitetenes vitenskapsdisiplin (Sjøberg 1998:35-36). Her er et kjernepunkt: Fagdidaktikkens rolle er blant annet å reflektere over sammenhengen mellom vitenskapens fag og skolens fag.

Dannelse er et begrep som ikke brukes så mye på norsk nå lenger, men var i bruk tidligere. Men begrepet dannelse har vært og er et sentralt begrep i fagdidaktikken i mange europeiske

land. I Danmark har det vært et større forsknings- og utviklingsprogram i didaktikk, der tittelen er: *Fagdidaktikk og dannelse – i et demokratisk perspektiv*. Lederen for dette programmet, Schnack, skriver blant annet at ”Det radikale dannelsesbegrep kan ikke skilles fra ideen om demokratisering. Det er to sider av samme sak” (Schnack 1994 i Sjøberg 1998:37).

Det ser altså ut til at dannelsesbegrepet som tidligere sto for klassisk tradisjonstro dannelse, har kommet tilbake i en moderne versjon egnet for et demokratisk samfunn. Dannelse er ikke nå å se som et produkt man kan erverve seg, og må ikke settes synonymt med utdanning, opplæring, oppdragelse og tilpasning. Innenfor et fellesskap som skolen representerer vil *allmenndannelse* brukes når vi tenker på noe som er felles og som skal nå ut til alle – ikke bare til en elite (Sjøberg 1998:36-37).

Visjonen om at skolen og skolens fag skal fremme dannelse, eller være allmenndannende, går ut på at skolen skal bidra til at elevene utvikler seg til individer som er i stand til å delta på en selvstendig, reflektert og kritisk måte i et demokratisk samfunn. Og her blir det viktig å vise at også naturfagene kan bidra til å nå slike overordnede mål for skole, oppdragelse og utdanning. Kanskje er demokrati-, kultur- og dannelsesperspektivet viktige sider ved nettopp naturfagene?

Naturvitenskapens tankeverden er idealisering og forenkling av virkeligheten – altså en beskrivelse konstruert av mennesker for å skape orden og mening i det som ellers hadde fortonet seg som en kaotisk verden. Og sannheten i naturvitenskapen kan aldri begrunnes ved henvisning til tradisjon, autoritet eller noe guddommelig gitt. Våre naturvitenskapelige modeller beskriver og forklarer observasjoner og fenomener som er kjente, sammenlikner med det ukjente, usynlige eller abstrakte, og skal gjerne kunne forutsi noe om virkeligheten under gitte betingelser (Sjøberg 1998:66/80).

Naturvitenskapens ideer blir utviklet i et internasjonalt diskusjonsfellesskap gjennom tidsskrifter og konferanser. Nye tanker oppstår, gjøres kjent, underbygges, blir forlatt eller erstattet med noe annet, mer dekkende. På denne måten, mener man, går vitenskapen fremover, og dagens forestillinger er bedre, mer presise, enn tidligere tiders tolkninger av verden omkring oss (Sjøberg 1998:80-81).

Naturvitenskapens oppgave eller ambisjon ligger i at den prøver å forstå og forklare, og redegjøre for årsaker til et hendelsesforløp. Spørsmål om hvorfor noe skjer kan føres bakover til noe mer grunnleggende enn beskrivelsen, tilbake til noe helt fundamentalt som man vil si har forklart fenomenet (Sjøberg 1998:72).

Den vitenskapelige metoden var ment å føre til ekte og objektiv erkjennelse, fri for personlige spekulasjoner (Kind 1989:52). Dagsaktuell, autentisk vitenskap preges av debatt, argumentasjon, uenighet og kontroverser, slik sett ”den vitenskapelige metode” i praksis. Vitenskapen er av vesen åpen, anti-autoritær og kritisk; den er menneskers verk som stadig er under utvikling. Det blir derfor et tilsynelatende paradoks at naturviten i skolestua skal få preg av å være autoritær, evig, sikker og uforanderlig (Sjøberg 1998:77).

Men her er det viktig å skjelve den bølgende forskningsfronten mellom forskerne fra det elevene vanligvis møter, det vil si den vitenskapen som er godt etablert.

Naturvitenskaplig dannelse i klasserommet byr på særlige utfordringer for både lærer og elever. Og det er blant de forhold vi skal se nærmere på her.

2.3 Pedagogikk og Didaktikk

Pedagogikk blir i Pedagogisk oppslagsbok definert som læren om oppdragelse og undervisning (Ness 1974:1100). I Pedagogisk ordbok presiseres pedagogikk som 'oppdragelseslære, læren om oppdragelsen og dens midler, metoder og praksis. [...]

Pedagogisk forskning er for en vesentlig del bestemt av behovet for å kunne gripe praktisk inn i tilværelsen og forandre den. [...]

Mot slutten av 1800-tallet gjorde pedagogikken seg løs fra avhengighetsforholdet til teologi og filosofi og tok i bruk naturvitenskapelige metoder med eksakt observasjon og eksperimentell utprøving. I dag er pedagogikk en vitenskap som er: a) deskriptiv; b) årsaksforklarende og c) normativ. Beskrivelser gjøres av lærings-, utviklings- og undervisningsforløp. Man søker å forklare hva det er som gjør at barn og voksne utvikles på den ene eller andre måten. På bakgrunn av beskrivelser, årsaksforklaringer og teoretiske analyser av mål og mening med samfunnets satsing på skole og utdanning søker man å fastsette normer for typer av oppdragelse, læring, undervisning, m.m. som man anser som optimale og ønskelige. [...]

Pedagogikk som fag omfatter alt som har med læring, utvikling, veiledning, undervisning og oppdragelse å gjøre. Som fag i lærerutdanningen omfatter det også bl.a. skolejuss og forskningsmetodikk. Til pedagogikkens hjelpevitenskaper regnes etikk, psykologi, teologi, filosofi, biologi, sosiologi, psykiatri og statistikk (Bø & Helle 2002:186).

Pedagogikken består av ulike del-disipliner som pedagogisk filosofi og idehistorie, skolehistorie, utdanningssosiologi, komparativ pedagogikk og pedagogisk psykologi, sistnevnte med bidrag fra utviklingspsykologi og læringspsykologi som regnes som svært viktig. En annen sentral del-disiplin av pedagogikken er didaktikken.

Didaktikk brukes om den delen av pedagogikk som har med undervisning å gjøre. Den generelle didaktikken forutsetter teoretiske refleksjoner om planlegging, gjennomføring, vurdering og kritisk analyse av undervisning og læring. Dette omfatter teorier om undervisningens mål og innhold (hva), mens den praktiske gjennomføringen av undervisningen ofte blir kalt metodikk (hvordan). Av betydning er det også å stille spørsmål om hvorfor nettopp disse mål, dette innhold og disse metoder? De didaktiske spørsmålene om undervisningens hva, hvordan og hvorfor kan sees som selve kjernen i pedagogikken.

I Naturfag som allmenndannelse (1998) skriver Sjøberg: Didaktikk, lik undervisningskunst, er vurderinger knyttet til begrunnelse, utvalg, strukturering og tilrettelegging av undervisningsinnhold. Man vurderer spørsmål om undervisningens: hva, hvorfor og hvordan. Fagdidaktikk er fagenes didaktikk. Naturfagenes didaktikk dreier seg om alle de overveielser som er knyttet til den innholdsmessige siden av skolens undervisning i naturfag. Naturfagenes didaktikk kan på mange måter oppfattes som en bro mellom naturvitenskap og pedagogikk, en bro som forutsetter et bra brohode på begge sider, altså en viss forankring både til naturvitenskapen og til pedagogikken (Sjøberg 1998:29-31).

Sjøberg (1998:32-33) går mer inn på de grunnleggende spørsmålene knyttet til naturfagene. For det *første*: **Hva** er naturfag? Hva er viktig i faget? Hva er bærende tanker? Hva er stabilt og varig? Naturfagenes store kunnskapsmengde gjør det nødvendig å foreta valg om hva som er viktig å ta med. Naturvitenskapene består av kunnskapsmengder, metoder, arbeidsmåter og prosesser. Kunnskapsmengdene igjen omfatter "produkter" som begreper, lovmessigheter og teorier. Naturvitenskapens "prosesser" utvikler arbeidsmåter med metoder, teknikker og prosedyrer for å løse problemer og vinne erkjennelse.

Naturvitenskapen kan også vurderes som samfunnsinstitusjoner som involverer mange mennesker, med bestemte interesser og verdier.

For det *andre*: **Hvorfor** skal vi undervise i naturfag? Kan naturfag bidra til å realisere skolens overordnede mål? I hvilken grad samsvarer våre mål med de som eleven har?

For det *tredje*: **Hvordan** skal lærestoffet presenteres på en måte som fremmer elevens læring? – For det som blir lært av en elev er ikke alltid det samme som det som blir undervist av en lærer eller presentert i en lærebok. Hvordan må god kommunikasjon mellom lærer og elev foregå?

Endelig for det *fjerde*: For **HVEM?** Enhver diskusjon om skolens innhold må plasseres i en bestemt kontekst som tar hensyn til den sosiale, kulturelle, historiske og språklige sammenheng eleven befinner seg i (Sjøberg 1998:32-33).

Tradisjonelt har skolens naturfag vært orientert mot vitenskapen som produkt. Men i de senere år og i nyere norske læreplaner legges det mer vekt på prosesser og prosessmål enn tidligere, med sentrale stikkord som læringskompetanse, sosial kompetanse og kreativitet. Dette gir mål og perspektiv for utviklingen av en naturfagdidaktikk som fremmer myndiggjøring og autonomi hos individene for selvstendig deltakelse i et demokrati.

Fagdidaktikk er didaktikk knyttet til et bestemt fag eller fagområde. Det benyttes betegnelser som realfagdidaktikk, naturfagdidaktikk og geofagdidaktikk avhengig av generaliseringsnivå og fagområdet. Geofagdidaktikk vil være den spesielle fagdidaktikk som knyttes opp mot geofagene: faglig innhold og lærernes ståsted, målbevissthet og presentasjon. Elevenes forutsetninger, faglige forståelse og læringsvansker vil være sentrale deler innen forskningsfeltet (Sjøberg 1998:158-159).

2.4 Læreplaner

2.4.1 Læreplan

Læreplanen er et offentlig godkjent dokument som regulerer undervisningen i et fag og som lærer og elever arbeider innenfor. Men dette er en sannhet med modifikasjoner. Begrepet læreplan blir benyttet både i en slik snever og en vid betydning, og med noe varierende betydningsinnhold i forskjellige land. Læreplan kan referere til selve det skrevne dokumentet, men det kan også være betegnelsen på alt det som skjer av læring i undervisningen. I nordisk og tysk språkbruk har læreplan stått for et dokument for styring av undervisning og læring i skolen, og det som er tenkt å skulle skje i undervisningen, altså intensjonene bak den og som derfor planlegges.

I England og USA brukes betegnelsen '*curriculum*' om læreplan i utvidet betydning. **Curriculum** kan stå for all læring som er planlagt og ledet av skolen, enten undervisningen gjennomføres i klasser, grupper eller individuelt, enten i eller utenfor skolen – dvs alt det som faktisk skjer i undervisningsøyemed (Gundem 1990, 1993).

En definisjon gitt av den engelske pedagogen Lawrence Stenhouse, som egentlig passer bedre på den nordiske betydningen av begrepet enn på den engelske, er som følger:

En læreplan er et forsøk på å kommunisere de viktigste prinsipper og egenskaper ved et pedagogisk opplegg på en slik måte at den er åpen for kritisk gransking og mulig å overføre til praksis på en effektiv måte (Stenhouse 1975:4 i Imsen 1997:171).

En læreplan i en litt videre betydning av termen omfatter da både det som er planlagt og regulerer undervisningen og det som etter planen blir formidlet gjennom lærer og ervervet av elever av kunnskaper, ferdigheter og holdninger. For å skille mellom bruken av uttrykket læreplan som et vidt *curriculum*-begrep, og det snevrere læreplandokument-begrepet, er det vanlig å skrive dokumentet med stor forbokstav: Læreplanen.

Det er mest nærliggende å tenke på læreplaner som retningslinjer for hva som skal skje i skolen, både når det gjelder faglig innhold og arbeidsmåter. Goodlad kaller denne nevnte siden ved læreplanen for *læreplanens substansielle side* (Goodlad mfl 1979). Den amerikanske pedagogen John I. Goodlad har utviklet et begrepssystem for læreplan-forståelse og læreplan-forskning. Han betrakter læreplanen fra ulike synsvinkler ut fra område (*three sets of phenomena*) og nivå (*five different domains*); norske parallelle begreper er tre sider og fem ansikter (Gundem 1990).

Dernest har en læreplan også en kontekst der samfunnets interesser virker inn. Skolen har viktige samfunnsmessige oppgaver å ivareta, derfor er det mange aktører som vil være med å bestemme over skolen. Aktørene kan være politiske partier, arbeidstaker- og arbeidsgiverorganisasjoner, lokale interessegrupper eller ulike sektorinteresser, forsknings- og universitetssystem. Dette kaller Goodlad for *læreplanens sosiopolitiske side*. Det tredje forholdet er det som har med selve gjennomføringen å gjøre, omtalt som *læreplanens teknisk-profesjonelle side*. Her kan det dreie seg om opplæring av konsulenter og veiledere, utvikling av vurderingssystemer og strategier for revisjon (Imsen 1997:171-172), dvs menneskelige og materielle ressurser.

De to siste sidene ved læreplanen skal vi her la ligge.

Avstanden mellom læreplanens intensjon og skolens realitet kan bli nokså stor. Når det gjelder den substansielle siden ved læreplanen, har Goodlad utviklet et begrepsapparat som beskriver forløpet fra overordnet læreplan-ide til den virkeliggjorte læreplanen i klasserommet (Gundem 1990, 1993; Knutsen 1993). Goodlad skiller mellom fem forskjellige nivåer av læreplanen, eller *læreplanens fem ansikter*. Disse er som følger:

1. Den ideologiske læreplanen (ideenes læreplan), *Ideological curriculum*: Læreplanen slik den ideelt sett skal være i følge de prinsipper, ideer og holdninger som ligger til grunn for den.
2. Den formelle læreplanen, *Formal curriculum*: Selve det konkrete læreplandokumentet slik det foreligger som et vedtatt læreplandokument.
3. Den oppfattede læreplanen, *Perceived curriculum*: Læreplanen slik den blir oppfattet av dem som skal sette planens intensjoner ut i livet.
4. Den operasjonaliserte læreplan, *Operational curriculum*: Læreplanen slik den kommer til uttrykk i undervisningen.

5. Den erfarte læreplanen, *Experiential curriculum*: Læreplanen slik den oppleves av elevene gjennom undervisningen.
(Goodlad mfl 1979 i Imsen 1997:173-175).

Goodlads klassifisering av læreplaner (*curriculum*) med fem ulike "ansikter" har sammenheng med hvordan læreplanen oppfattes på ulike nivå – og ikke så mye på hvordan læreplanen faktisk praktiseres på ulike nivåer i skolen.

Det vil inngå som en naturlig del å se på læreplanenes plass og funksjon i de internasjonale prosjektene TIMSS og PISA. Dette fordi dataene til min studie er hentet fra det innsamlede datamaterialet til disse store internasjonale undersøkelsene.

2.4.2 TIMSS

I TIMSS og mange andre internasjonale komparative undersøkelser har man vært konsentrert om 'skolekunnskap' til forskjell fra det som er agendaen i PISA. Det vil si at testene i TIMSS har vært basert på deltagerlandenes Læreplaner. Hvert deltakerlands offisielle læreplaner og mest brukte lærebøker ble analysert. I dokumentanalysen ble tekster i læreplaner og lærebøker delt inn i "blokker" i forhold til "TIMSS-framework", dvs en bit av tekst eller grafikk med enhetlig innhold. Deretter ble hver blokk kodet etter faglig innhold, med tall slik at dataene kunne databehandles. Denne kartleggingen av læreplanene i hvert land var med på å danne grunnlag for utvikling av "TIMSS-framework" og valg av emner som skulle være med i undersøkelsen (Lie mfl 1997:11). Med utgangspunkt i disse dokumentene ble det enighet om å sette opp et felles system med tre læreplan-nivåer som skulle bli TIMSS-undersøkelsenes anliggende.

De tre læreplan-nivåene i TIMSS har følgende navn på engelsk: 1) *intended curriculum*, 2) *implemented curriculum* og 3) *attained curriculum*. (Robitaille et al 1992).

De engelske termene kan oversettes med ulike ord; men den norske TIMSS-gruppen har blitt enig om at de tre nivåer av læreplanen skal gis følgende betegnelser og innhold:

1 Den intenderte læreplan

Læreplanen og fagplanen for kurset med detaljerte anvisninger for fagmål, stoffutvalg og arbeidsmåter, foruten de læreverk og skriftlige eksamensoppgaver som er godkjent av skolemyndighetene og som til sammen kan sies å uttrykke hensikten med kurset.

2 Den implementerte læreplan

Hvordan undervisningen i praksis foregår. Hvordan lærer gjennomfører fagplaner og deler av Læreplanen, velger blant og bruker det offisielle materialet for kurset og tilrettelegger undervisningen for elevene.

3 Den resulterte læreplan

Hva eleven har tilegnet seg av kunnskap og utviklet av ferdigheter og holdninger gjennom undervisningen.

Av læreplan-nivåene til Robitaille (1992) er *første* nivå, Den intenderte læreplan, ikke tatt med som en del av denne oppgaven. Men Læreplanenes historikk med geofagenes plass i

norsk skole er grundig gjennomgått i Arnesens (2002) hovedoppgave: **Gammel jord gjennom ny teknologi**, så den interesserte leser henvises dit.

Heller ikke det *andre* nivået, Den implementerte læreplan: Hvordan undervisningen i praksis foregår, berøres her. Men det er likevel interessant hva som optimalt kan/ bør skje i klasserommet når kunnskap formidles og læring skjer. Dette belyses i del-kapittelet om **Undervisningsteori** i Kapittel 3. Dette emnet skal representere et bindeledd over mot det eleven faktisk oppnår av kunnskap (den oppnådde/ resulterte læreplan). Det anses å være en sammenheng mellom hva som foregår i undervisningstimene og det som der formidles og hva som læres.

Denne studiens anliggende er elevers læring, deres konstruksjon av kunnskap og ideer i geofag. Søkelyset er derfor rettet mot det *tredje* nivået, Den resulterte læreplan, og helt spesielt det eleven sitter igjen med av kunnskaper og ferdigheter etter å ha hatt geofag-undervisning på skolen.

2.4.3 PISA

I **PISA** er det slik at man ikke tar utgangspunkt i landenes læreplaner og skolefagenes 'pensum'. Men man tar i hovedsak sikte på å måle elevenes evne til aktivt å bruke kunnskaper og erfaringer og hvordan de forholder seg til emner som trolig vil være relevante for fremtiden. PISA-undersøkelsen er basert på en internasjonal konsensus på politisk nivå blant OECD-land om hva som anses å være viktig å kunne i årene fremover. Det er utviklet et rammeverk (OECD 1999 og 2000) som beskriver i detalj hva som måles innen hvert fag (Lie mfl 2001).

Nøkkelordet her er *Scientific Literacy*, et internasjonalt begrep som vanskelig kan oversettes direkte til norsk på en meningsfull måte. **Naturfagkompetanse** tas i bruk i de norske dokumentene og redegjørelsene, som det mest antakelige begrepet på norsk, sammen med en presisering av hva dette begrepet innebærer. En bredere redegjørelse om PISA-prosjektet kommer i Metode-kapittelet, kapittel 5.

'*Scientific Literacy*' kan også oversettes til norsk med "naturfaglig allmenndannelse" (Sjøberg 1998:37). Begrepet skulle betegne målet for en allmenn naturfaglig forståelse i en befolkning, dvs et minimum av innsikt i den naturvitenskapelige verden for å være i stand til å bruke dette i avveininger om spørsmål som angår den virkelige verden.

En definisjon av begrepet '*Scientific Literacy*' av Jon Miller refereres av Shamos (1995):

...functional scientific literacy should be viewed as the level of understanding of science and technology needed to function minimally as citizen and consumers in our society (Miller in Shamos 1995:87).

Dette krever et basis-vokabular, forståelse av de naturvitenskapelige prosesser og forståelse av påvirkningen av naturvitenskap og teknologi på samfunnet.

Skulle man styrke dette ville det være ensbetydende med å øke antallet '*scientific literate*'-personer i samfunnet. Men man kan vanskelig si at en person enten har eller ikke har naturvitenskapelig allmenndannelse, her er det glidende overganger. Shamos finner det hensiktsmessig å dele graden av naturfaglig dannelses hos personer i tre stadier:

- (a) *Kulturell* naturvitenskapelig allmenndannelse, den enkleste formen, betyr noe kjennskap til en viss mengde bakgrunnsinformasjon, noen organiserte termer som kjennes igjen og gir en følelse av ikke å være naturfaglig analfabet.
- (b) *Funksjonell* naturvitenskapelig allmenndannelse, kjenner igjen begreper, kan konversere, lese og skrive sammenhengende ved å benytte naturvitenskapelige termer i en ikke-teknisk, men meningsfylt kontekst.
- (c) *Ekte* naturvitenskapelig allmenndannelse, et nivå der individet vet noe om hele den naturvitenskapelige virksomheten, dvs kjenner noen av de viktigste konseptuelle skjemaer som danner fundament for naturvitenskapen, hvordan man kommer frem til disse teoriene og hvorfor de er allment akseptert (Shamos 1995).

Shamos (1995) drøfter også hva som er nødvendig kunnskap for å kunne ta stilling til viktige naturfaglige spørsmål i samfunnsdebatten.

Skolen vil måtte møte en utfordring i praksis som betyr at man må finne frem til et '*scientific curriculum*' som både kunne sørge for grunnleggende opplæring i naturvitenskap med tanke på påbygning for de få (som ønsket å gå videre med studiene), og å kunne gi et bredt naturfaglig dannelsesgrunnlag for majoriteten av skoleelevene (Driver mfl 1996:9-10).

PISA-oppgavene er altså søkt utformet slik at skoleungdommen blir prøvet i sin mer generelle erfaring med naturfagene som kunnskap som setter dem i stand til å delta – gir styrke (*empowerment*) – i et aktivt samfunnsengasjement.

2.4.4 Argumenter for naturfag som allmenndannelse

Argumenter for å undervise naturfag i skolen til alle for å bedre den allmenne forståelsen av naturvitenskap, kommer fra både forskere, pedagoger og departementer unisont. Og svært forenklet har det vært to tradisjoner for argumentering som vektlegger henholdsvis dannelsesargumentet og nytteargumentet. 'Den vitenskapelige og teknologiske utviklingen har en innvirkning på våre daglige liv som er så stor at ingen bør være uvitende' (Giere 1991:1).

Frem til omtrent forrige århundre var det ikke noen klar sammenheng mellom vitenskapelig erkjennelse og praktiske, nyttige, teknologiske anvendelser. Det var på ingen måte selvsagt at vitenskapelig erkjennelse kunne brukes til å gi materiell fremgang og velstand. De teknologiske fremskrittene var stort sett ikke basert på noen form for vitenskapelig erkjennelse. Visjonen om at vitenskapen om naturen skulle være nyttig ble imidlertid formulert av Francis Bacon omkring år 1600. På den tiden var ideene mer uttrykk for en visjon eller et fremtidsprogram enn som en beskrivelse av faktiske forhold. I dag er det imidlertid en klar sammenheng mellom naturvitenskap og teknologisk utvikling (Sjøberg 1998:161).

En organisert oversikt over argumenter for å fremme en allmenn folkelig forståelse av naturvitenskap ble fremsatt av Thomas og Durant (1987). De viktigste av argumentene er som følger:

1. *Økonomiargumentet*: Naturfag som lønnsom forberedelse til yrke og utdanning i et høy-teknologisk og vitenskapsbasert samfunn, og for å opprettholde og utvikle

viktige samfunnsmessige og økonomiske funksjoner. Kunnskaper i naturfag er lønnsomt, rent økonomisk.

2. *Nytteargumentet*: Naturfag for praktisk mestring av dagliglivet i et moderne samfunn. Kunnskaper og ferdigheter i naturfag er til hjelp for å mestre dagliglivet, både i den naturen som vi er en del av, og i den menneskeskapte virkeligheten i et moderne samfunn.
3. *Demokratiargumentet*: Naturvitenskapelig kunnskap er viktig for informert meningsdannelse og ansvarlig deltaking i demokratiet. Naturfaglig kompetanse er en nødvendig ballast for folk flest for at et demokrati skal fungere, der idealet er at avgjørelser kan baseres på kunnskap og argumenter, på fornuft og forhandlinger, og der deltakerne er autonome, selvstendige aktører.
4. *Kulturargumentet*: Naturvitenskapen er en viktig del av menneskets kultur, kanskje et av menneskehetens viktigste kulturprodukter. Den har hatt stor betydning for utviklingen av vårt samfunn. Innsikt i denne delen av vår kultur er nødvendig for å forstå og kunne delta i samfunnet. Det er et uomgjengelig ansvar å ta vare på kulturarven.
5. *Moralargumentet*: Naturvitenskapens praksis omfatter normer, beslutninger og forpliktelser som representerer større samfunnsmessige verdivalg.

(Thomas & Durant 1987; Driver mfl 1996:11; Sjøberg 1998:162).

Det første av disse argumentene, *Økonomiargumentet*, er tydeligst et nytteargument rettet mot samfunnets behov for en kvalifisert yrkes- og profesjons-utdannet del av befolkningen, der hensikten er å utdanne fremtidens naturvitere, forskere og ingeniører. Sammen med det første argumentet har også det andre, *Nytteargumentet*, mer vekt på det instrumentelle, men her kommer også dannelsesaspektet inn.

De siste tre, *Demokrati*-, *Kultur*- og *Moral*-argumentet, er mest tydelig orientert mot dannelsesaspektet, det vil si naturfagopplæringen som en del av den generelle utdanning og oppdragelse av alle elever.

Mens det er en utbredt aksept for det pedagogiske mål å styrke '*scientific literacy*' og derved "allmenn forståelse av naturfag" – er det ikke i samme grad enighet om hva, helt presist, en person trenger å ha kjennskap til, forstå, være i stand til å gjøre og ha kompetanse i, for å bli ansett som en '*scientific literate*' person. Hvilke aspekter av naturvitenskapen ønsker vi at allmennheten skal forstå?

Kort sammenfattet har alle de som har skrevet om allmenn forståelse av naturvitenskap vært enige om at det innbefatter i det minste disse tre aspektene:

1. En forståelse av visse aspekter av det naturvitenskapelig innhold –
Naturvitenskap som produkt
 2. En forståelse av den naturvitenskapelige tilnærming til det å undersøke saksforhold, det vil si den naturvitenskapelige metode –
Naturvitenskap som prosess
 3. En forståelse av naturvitenskapen som et sosialt foretak –
Naturvitenskap som sosial institusjon
- (Driver et al 1996:12-13; Sjøberg 1998:156-158).

Tradisjonelt har skolens naturfag vært orientert mot det første aspektet, mot vitenskapen som *produkt*. Læreplaner, lærebøker og undervisning har lenge vært preget av formidling av

fagenes begrepsmessige struktur, det var den ferdige tankebygningen som skulle presenteres og læres. Nye prosjekt-undervisningsopplegg skulle legge vekt på de fundamentale teoriene som bærebjelker i den naturvitenskapelige virkelighetsforståelsen. Men også de kunne vise seg å være svært fagsentrert.

Så kom en reaksjon mot dette synet på vitenskap som rettet blikket mot det andre aspektet, mot naturfag som en *prosess*. Det var ikke lenger nok å huske svar, men det ble viktig å lære hvordan en skulle finne svar, og gjerne på spørsmål en selv hadde formulert. Norske læreplaner (L 93) kom på banen med stikkord som læringskompetanse, sosial kompetanse, selvstendighet, kreativitet og prosjektarbeid – helt inn i de enkelte fagplanene for grunnskolen.

I løpet av de siste årene har det også blitt lagt vekt på det tredje aspektet, *vitenskapen som en del av samfunnet*. Det vil innbefatte vitenskapens rolle i samfunnet, vitenskapens forhold til teknologi, etikk etc. En samlebetegnelse for disse initiativene er STS (Science, Technology and Society). Disse STS-prosjektene er svært forskjellige, men representerer en utvidelse av hva som tidligere ble oppfattet som legitimt fagstoff i naturfagundervisningen; og de har dukket opp i en rekke land, også Norge (Sjøberg 1998:158-159).

2.4.5 Mønsterplanen for grunnskolen – 1987

Mønsterplanen for grunnskolen som kom i 1987 (M 87) var en revidert utgave av Mønsterplanen 1974 (M 74):

Planen fører videre bærende prinsipper i M 74 (M 87:7).

Som før skal opplæringen bygge på de grunnleggende kristne og humanistiske verdier, demokratiske ideer, menneskerettighetene og vitenskapelig tenkemåte og metode. Men ord som rettssikkerhet, religionsfrihet, organisasjonsfrihet og yringsfrihet, samt omtale av grunnleggende verdier er nytt, selv om tankene har ligget bak både denne og foregående plan. Dette kan ses som en konsekvens av økt fokus på allmenndannelse (M 87; Arnesen 2002:35-36).

Et nytt trekk er imidlertid det store fokus på lokal tilpasning. Lokalt i den enkelte kommune og på den enkelte skole er det rom for videre planlegging ut fra Planens (M 87) retningslinjer. Det er også i Planen lagt opp til betydelig grad av tilpasset opplæring, individualisering av undervisningen:

Tilpasset opplæring er et grunnleggende prinsipp for all undervisning skolen gir

Det lærestoffet elevene skal arbeide med, må velges og legges til rette med tanke på de ulike forutsetninger som finnes i elevflokkene. Det innebærer blant annet at alle elever må ha de samme muligheter til å få dekket sine behov for å mestre oppgaver (M 87:26-27).

I denne Læreplanen er temaer knyttet til geologi hovedsakelig å finne i fagene orienteringsfag (o-fag), samfunnsfag og naturfag. O-faget omfatter heimstadiære, naturfag og samfunnsfag for 1.- 6. klasse. Stoffet er delt inn i hovedemner som går på tvers av tradisjonelle faggrensene, noe som er nytt i denne planen. Dette er for å sikre en tverrfaglig undervisning og styrke en tilknytning til dagliglivet.

Menneskets samspill med naturen og naturgrunnlaget nevnes i to av totalt sju mål for undervisningen i o-faget, på barnetrinnet. På ungdomstrinnet (7.- 9. klasse) omfatter særlig ett av tolv hovedemner: "Natur, mennesker og ressurser", geofaglige kunnskaper, presisert slik:

Hovedemnet skal gi elevene kunnskaper om hvordan jorden er blitt til og har utviklet seg, og om grunnlaget for menneskelig liv og virke. Det er viktig at elevene ser sammenhenger mellom prosesser i naturen og naturgrunnlag på den ene side, og livsbetingelser og livsforhold på den annen side (M 87:233).

Med en nærmere presisering i stikkordsform omfatter delemnene:

Jorden og universet: Universet, jordens tilblivelse, oppbygning og utvikling.

Utvikling av landskap og naturmiljø: Prosesser og kretsløp i naturen

Naturgrunnlag, livsbetingelser og levekår. Fra naturlandskap til kulturlandskap

(M 87:233; Arnesen 2002:38).

I hovedemnet "Liv, arv og utvikling" står det:

Det har alltid vært stor interesse for utviklingen av livet på jorden og menneskets plass i denne sammenheng (M 87:246).

Og i delemnet "Utviklingslære" er dette nærmere spesifisert:

Teorier om livets tilblivelse. Tidlige livsformer: Variasjon, mutasjon og naturlig utvalg (M 87:246).

Og i et hovedemne som heter "Energi, naturressurser og livsgrunnlag", finnes et delemne, "Energikilder", med stikkord som:

... Lagerressurser, for eksempel olje, gass, kull (M 87:248).

I Læreplanen M 87 er det flere punkter av en slik art at geologiske temaer godt kunne trekkes inn. Men fordi M 87 er utformet på en forholdsvis åpen måte, har det i stor grad vært opp til lærerne og deres tolkning av læreplan og lærebøker hva som skulle undervises i de ulike temaene. Og lærerens faglige tyngde og trygghet vil påvirke slike avveininger og avgjørelser, og i neste instans hva og hvor mye elevene lærer om forskjellige emner.

M 87 var den Læreplanen som gjaldt da de elevene som deltok ble testet i TIMSS-undersøkelsen i 1995. Og også de som deltok i PISA 2000 var skoleungdom som hadde fulgt undervisning i tråd med M 87.

2.4.6 Læreplan for den 10-årige grunnskolen – 1997

Grunnskolereformen, med oppstart fra høsten 1997, hadde som viktigste endringer skolestart for 6-åringer og 10-årig obligatorisk grunnskole. Læreplanen (L 97) er nå delt i tre deler: 1. *Generell del*, 2. *Prinsipper og retningslinjer for opplæringa i grunnskolen* (kalt ”*Broen*”), og 3. *Læreplaner for fagene*. Del 1, *Læreplan for grunnskole, videregående opplæring og voksenopplæring – Generell del*, ble vedtatt og gjort gjeldende fra 1993, og gjelder alle de tre skoleslagene. I denne delen heter det i forordet:

Denne delen inneheld dei overordna måla som opplæringa på tre utdanningsområde – grunnskulen, den vidaregåande opplæringa og vaksenopplæringa – skal sikte mot (L 97:4).

Denne generelle delen av L 97 kan, i sin ideologiske tankegang, sies å tilsvare det øverste nivået i Goodlads (mfl 1979) læreplanhierarki. Planen beskriver de forskjellige sidene ved et menneske som skolen skal søke å oppfostre:

- Det meningssøkende menneske
- Det skapende menneske
- Det arbeidende menneske
- Det allmenndannede menneske
- Det samarbeidende menneske
- Det miljøbevisste menneske
- Det integrerte menneske

Kvalitetene som denne Læreplanen streber mot finnes i stor grad i tidligere planer, men her, i denne generelle delen, er de mer eksplisitt og idealistisk uttrykt.

Kravet til forpliktelser om å følge dette læreplanverket er i utgangspunktet sterkere fremhevet nå enn tidligere, og presisert i forordet. I forordet beskrives også noen av de kommende utfordringene det er viktig å forberede elevene på, som for eksempel: raske omskiftninger i arbeidsmarkedet, økt kunnskapsmengde og kunnskapsflyt.

Læreplanen, L 97, bringer inn et samfunnsperspektiv som peker på endringer i behovet for opplæring og kunnskapsbygging. Tidligere planer har også indirekte presentert et læringssyn der eleven selv må være aktiv i prosessen, men nå blir det uttrykt tydeligere enn før.

Del 2 i L 97, *Prinsipper og retningslinjer for opplæring i grunnskolen*, den såkalte *Broen*, tar opp ulike sider ved organiseringen av skolens aktiviteter:

Prinsipp og retningslinjer for opplæringa i grunnskulen er brua mellom den generelle delen av læreplanverket og læreplanane for faga (L 97:5).

I *Broen* beskrives arbeidsmåter og organisering av undervisningen for grunnskolen. Men læreplanen gir få konkrete retningslinjer og prosedyrer med hensyn til arbeidsmåter og organisering. Unntaket er kravet til tema- og prosjektarbeid. Men igjen er ingenting nevnt om hvordan tema- og prosjektarbeid skal organiseres. Som i de to foregående planene legger L 97 betydelig vekt på tilpasset opplæring.

Planen for natur- og miljøfag i del 3 av L 97, *Læreplaner for fagene*, tar utgangspunkt i fire hovedmomenter:

- Kropp og helse
- Mangfoldet i naturen
- Stoff, egenskaper og bruk
- Det fysiske verdensbildet

Disse hovedmomentene er gjennomgående for hele grunnskoleløpet.

Som vi ser er temaene stort sett sammenfallende med TIMSS 2003, men innholdet er inndelt på litt forskjellig måte. Konkretiseringene viser imidlertid påfallende forskjeller mellom L 97 og TIMSS. Mens TIMSS beskriver i detalj hvilke kunnskaper og ferdigheter som inngår i testen innen det enkelte fagområde, har L 97 en annen egenart. Læreplanen, L 97, angir hva elevene skal arbeide med og gjøre, men i liten grad hva de faktisk skal kunne. Målene i L 97 inneholder også formuleringer av mer affektiv art, som ”å utvikle glede, undring og respekt”, men disse aspektene er ikke berørt av TIMSS-undersøkelsene.

2.4.7 Kunnskapsløftet K 06

Den nyeste utkastet til en Læreplan i Norge er en midlertidig utgave av Kunnskapsløftet (K 06) som kom i juni 2006. Den fullstendige utgaven er planlagt ferdig ca et år senere. Den foreløpige utgaven av K 06 er tilgjengelig på Internett på sidene til Utdanningsdirektoratet med adressen www.udir.no under overskriften ”grep”. Der er det en generell del av Læreplanen på 5 sider som kalles **Prinsipper for opplæringen** og en fagplan for naturfaget på 13 sider som heter **Læreplan i naturfag**. Disse kan lastes ned og eventuelt skrives ut for å tas i øyesyn.

Begge disse delene av Læreplanen faller inn under det læreplan-området som kalles *læreplanens substansielle side* (Goodlad mfl 1979).

Ser vi på den generelle delen av Læreplanen K 06 om **Prinsipper for opplæring** har den åtte overskrifter og er preget av gode formuleringer og prestisjeord som finnes igjen hos forfattere nevnt tidligere i dette del-kapittelet. Denne prinsipielle delen tilsvarer det første av læreplanens fem ”ansikter” hos Goodlad (mfl 1979): 1. Den ideologiske læreplanen (ideenes læreplan): grunnleggende prinsipper, ideer og holdninger. De åtte overskriftene er følgende:

1. Læringsplakaten (med 11 punkter)
2. Sosial og kulturell kompetanse
3. Motivasjon for læring og læringsstrategier
4. Elevmedvirkning
5. Tilpasset opplæring og likeverdige muligheter
6. Læreres og instruktørers kompetanse og rolle
7. Samarbeid med hjemmet
8. Samarbeid med lokalsamfunnet.

Under den første overskriften "Læringsplakaten" kommer elleve punkter om skolens ansvar og forpliktelser, der seks punkter handler om elevene, to punkter om lærere, ett om skolemiljø, ett om hjemmet og ett om lokalsamfunnet. Dette er kortfattede forskrifter som så blir bredere omtalt og utdypet under de påfølgende overskriftene fra nr to til åtte.

Læreplan i naturfag tilsvarer det andre "ansiktet" av de fem nevnt under *læreplanens substansielle side* (Goodlad mfl 1979): 2. Den formelle læreplanen (læreplandokumentet): Selve det konkrete læreplandokumentet. Og her kommer noe nytt inn i forhold til tidligere læreplaner i naturfag.

Målet er at skolefaget naturfag skal fremstå både teoretisk og praktisk som et helhetlig fag. Naturfaget er derfor strukturert i hovedområder som det er formulert kompetansemål innenfor, og der hovedområdene utfyller hverandre og må ses i sammenheng. De tradisjonelle fagdisiplinene som biologi, fysikk, kjemi og geofag blir organisert på nye måter og trekkes inn i flere hovedområder der de kan bidra.

De seks hovedområdene på klassetrinnene i fra 1. til 10. klasse kalles:

- a) Forskerspiren
- b) Mangfold i naturen
- c) Kropp og helse
- d) Verdensrommet
- e) Fenomener og stoffer
- f) Teknologi og design.

Det presiseres at naturvitenskapen fremstår på to måter i naturfagundervisningen: Som et produkt som viser den kunnskapen vi har i dag, og som en prosess som dreier seg om naturvitenskapelige metoder for å bygge kunnskap. De to nye hovedområdene "Forskerspiren" og "Teknologi og design" skal helt spesielt ivareta prosess-dimensjonene i opplæringen. Mens de øvrige fire hovedområdene har produkt-dimensjonene i kunnskapsutviklingen som mål, der i blant begrepsutvikling og relasjonsforståelse.

Kontinuerlig under læring av prosesser og produkter, skal det foregå et interesse- og holdningsskapende arbeid. Skolen har en viktig oppgave i å motivere elevene: motivere for videre læring og for fordypning i naturfag.

3. Konstruktivisme – kunnskapskonstruksjon

Konstruktivismen er denne hovedoppgavens teorifundament. Vi trenger derfor å vite noe om den konstruktivistiske ide. En beskrivelse av denne retningens røtter, utvikling og rammeverk er derfor påkrevet. Dette kapitlet presenterer et konstruktivistisk perspektiv på vitenskapssyn og erkjennelse, på læringsteorier og deres betydning for læring av naturfag, og for eventuelle implikasjoner for undervisningen.

3.1 Vitenskapssyn og erkjennelsesteori

Kunnskap og læring, og noen ganger undervisning, drøftes ofte med utgangspunkt i et teoretisk perspektiv kalt konstruktivisme. Konstruktivisme er et nøkkelbegrep i forbindelse med kunnskap og læring, en kunnskapsteori som bærer den ide at kunnskaper blir til gjennom en aktiv prosess, de konstrueres. Konstruktivismens hovedtanke er at mennesker konstruerer sine egne mentale modeller av sin sosiale og fysiske virkelighet. Disse modellene er avhengig av de sanseinntrykk som vi mottar, mens den kunnskap vi utvikler, den virkelighetsoppfatning vi bygger opp, er vår egen tolkning av sanseinntrykkene.

I *Pedagogisk ordbok* (Bø & Helle 2002) får begrepet **konstruktivisme** *constructivism* en omstendelig definisjon som kanskje kan være på sin plass her:

1) Kunnskapsteori i 1980-tallets psykologi. Ifølge denne teorien er alle observasjoner teoriavhengige. Grunnleggende begreper og hele teorier er konstruksjoner, og man bør velge teori mer på grunnlag av hvilke filosofiske og teoretiske argumenter som taler i dens favør, enn på grunnlag av empirisk støtte;

2) Læringsteorier som hevder at vår psyke konstruerer virkeligheten slik vi oppfatter den:

a) ifølge Jean Piagets (1896-1980) teori som dominerte på 1960-70-tallet, lærer barnet seg under oppveksten til å håndtere sin omverden på en stadig mer logisk måte;

b) ifølge den sosiale konstruktivismen, som fikk voksende betydning på 1980-tallet, konstrueres våre begreper i et sosialt og kulturelt miljø som gjør at mennesker i ulike samfunn og ulike grupperinger innenfor et samfunn kan oppfatte et og samme fenomen helt forskjellig. Begrepene er ifølge den sosiale konstruktivismen sosialt konstruerte, og de ulike begrepene er vevd inn i hverandre (holisme). Dermed oppheves den skarpe grensen som noen trekker mellom det sosiale og det kognitive. Innenfor sosialpsykologisk konstruktivisme forsøker man å få klienten til å utforme et virkelighetsbilde som yter rettferdighet til virkelighetens sosialt bestemte måte å fremtre på. Samme betraktningssmåte finner vi innenfor den kultur-psykologiske forskningen som fanget opp tankene til den sovjetiske psykologen Lev Vygotskys (1896-1934) teori om det sosiale miljøets og språkets betydning for begrepsdannelsen, tanke- og hukommelsesfunksjonene i en befolkning. Sammenhengen, konteksten, betraktes som avgjørende for hvordan kunnskap tar form, kombineres og oppfattes. I pedagogisk sammenheng pleier man å uttrykke dette som kunnskapens kontekstuelle og konstruktive aspekter (Bø & Helle 2002).

Konstruktivismen er en epistemologi, erkjennelsesteori, dvs en teori om kunnskapens natur. Konstruktivismen kan dermed være fundament for studier av den kollektive

kunnskapsutvikling som utviklingen av deler av vitenskapsfag, for eksempel geologi. Som vitenskapsteori vil konstruktivismen undersøke hvordan mennesker konstruerer, skaper, kunnskap av erfaring. Konstruktivismen kan derfor også ligge til grunn for hvordan kunnskap bygges opp hos det enkelte individ, i uformelle eller formelle sammenhenger, i vekselvirkning mellom de sosiale, kulturelle og fysiologiske omgivelsene (Hansen 1996:24).

Menneskene, barn, unge og voksne, tolker og forstår virkeligheten ut fra mer eller mindre klart utformede teorier eller forestillinger. Sanseinntrykkene taler til oss, men de gir bare mening når de fortolkes mot et sett av forventninger og forestillinger. Disse forestillingene prøves stadig ut mot virkeligheten, de er redskaper til å beherske våre omgivelser. Ideene oppstår i vår fysiske vekselvirkning med verden omkring oss, gjennom språkets begreper og analogier, og i vår sosiale omgang med andre mennesker. Med tiden utvikler forestillingene seg til å bli stadig bedre redskaper for vår tilpasning til virkeligheten (Sjøberg 1998:295).

Det er viktig å etablere noen kategorier som kan støtte tanken i et mylder av tankestrømninger. Innen vitenskapsfilosofien regnes to hovedretninger: *empirisme* og *rasjonalisme*. Sporene av begge går tilbake til de første filosofene i antikken. I korthet går hovedskillet på hva som er *kilden* til vår kunnskap og erkjennelse.

Empiristene mener at kunnskap kommer 'utenfra', at den stammer fra våre sanser, våre handlinger, vår erfaring (gresk: *empeiria*=erfaring) (Sjøberg 1998:196). Francis Bacon (1561-1626) er den som sterkest assosieres med tanken om at induksjon avgjort er den naturvitenskapelige 'metoden' (Driver et al 1996:29). Bacon skal ha hevdet at erfaring er det eneste mulige utgangspunkt for kunnskapsinnvinning, stilt overfor en ukjent natur. Og hans induktive metode er at en kan slutte seg til allmenne lovmessigheter fra erfaringer (Hansen 1996:22).

Rasjonalistene mener at kunnskap kommer 'innenfra', at den stammer fra vår tanke og fornuft, og er den virkelige kilden til kunnskap. Ofte opererer de med et sett naturgitte eller a priori forutsetninger (Sjøberg 1998:196). Ekstreme rasjonalister som René Descartes (1596-1650) vil nærmest hevde at selv sanseinntrykkene i virkeligheten er skapt av fornuften, og markerer dermed et motsatt syn av empiristene (Hansen 1996:23).

Begge retninger avviser at kunnskap stammer fra autoritet eller åpenbaring, men de skiller seg altså fra hverandre når det gjelder hvor de mener den 'ekte' kilden til kunnskap ligger. Flere filosofer har prøvd å kombinere disse to strømningene, bl.a. Immanuel Kant (1724-1804) som snakker om verden i seg selv og verden for meg.

Positivismen, en senere utvikling innen empiristisk tradisjon, ble først brukt av August Comte (1798-1857), 'oppfinneren' av vitenskapen sosiologi. Hans visjon var en vitenskap basert på det som var 'positivt gitt', som kunne observeres, erfares eller sanses, og som ikke var metafysisk spekulasjon eller religion (Sjøberg 1998:197). Comte var ikke naiv positivist, for han sier: 'Det er umulig å foreta en virkelig observasjon av noe slags fenomen uten at observasjonen er styrt av, og senere fører til, en tolkning basert på en eller annen teori' (Comte, sitert av Klausen 1992:39). For positivistene skulle vitenskapelig kunnskap baseres på erfaringsmateriale, målinger, observasjoner og sanseinntrykk. Forskeren skal søke å arbeide uten forutinntatte meninger eller teoretiske antakelser. Ut fra de data som fremkommer på denne måten trekkes konklusjoner i form av lovmessigheter. Fra mange enkelttilfeller gjøres slutninger til det generelle, dette kalles induksjon. Disse induktive

generaliseringene er vitenskapelig kunnskap. Vår kunnskap øker jo flere fakta vi etablerer, målinger og observasjoner blir mer nøyaktige, slutningene blir sikrere. Positivistene vil hevde at vi slik 'avdekker' virkeligheten og 'oppdager' naturlovene.

Dette klassiske synet omtales av filosofen Karl Popper som '*the common sense theory of knowledge*', nettopp fordi det stemmer så godt med gjengse oppfatninger av vitenskap er. Dette synet er temmelig utbredt blant mange mennesker, også naturfaglærere, som skal beskrive vitenskapens metoder (Sjøberg 1998:198). Induktivister svarte på slike innvendinger ved å si at det aldri var snakk om absolutt kunnskap, men at vitenskapen bare etablerer kunnskap som er mer eller mindre sannsynlig. En uttalelse ofte brukt av en populær foreleser i det deskriptive faget paleontologi, som en tilføyelse etter argumenter og påstander, var: '*med den til visshet grensende sannsynlighet*'. Og det er denne sannsynligheten som ifølge empiristene øker når vi følger spillereglene om mange eksempler under varierte betingelser. Denne endringen i syn er viktig, blant annet sier man da at vitenskapen ikke lenger kommer fram til evige og absolutte sannheter, bare til mer eller mindre statistisk holdbare konklusjoner – og rent kunnskapsteoretisk blir dette noe annet. Men også i en mer statistisk form er det svakheter med induktivismen (Sjøberg 1998:202-203).

Konstruktivismen bygger på teorier fra mange forskjellige fagområder og kan spores til en rekke ulike teoretikere.

På slutten av 1800-tallet, begynnelsen av 1900-tallet, oppsto det en ny barnepsykologi der det var en sentral oppgave å søke å beskrive utviklingsgangen for de forskjellige sider ved barnets personlighet. Opptakten til dette ble gjort av den tyske fysiolog Wilhelm Preyer med verket *Barnets sjel*, 1882. På begynnelsen av 1900-tallet forelå det flere arbeider som gav en samlet fremstilling av barnets utvikling (bl.a. William Stern: *Den tidlige barndoms psykologi*, 1914 og Karl Bühler: *Barnets åndelige utvikling*, 1918). Italienske Maria Montessori (1870-1952) er også viktig i denne sammenheng med en rekke artikler og bøker om den pedagogiske metode hun bygget opp på grunnlag av sine observasjoner av barn i barnehager og førskoler: *The Montessori Method*, 1912, *The Secret of Childhood*, 1938. I USA hadde G. Stanley Hall, som opprinnelig kom fra Tyskland, i 1883 utgitt *The Contents of Children's Minds*, og han ble snart kjent som en banebrytende utviklingspsykolog med pedagogiske interesser. I denne artikkelen kom han med problemstillinger og metoder som gav en forsmak av konstruktivistisk tankegang, og han kom derfor til å bli en inspirasjonskilde for andre senere forskere. Han hentet ideene fra spørreundersøkelser i Berlin utført av pedagoger i 1869 for å kartlegge i hvilken grad elever som begynner i grunnskolen hadde sett og kunne navn på vanlige dyr, insekter og planter. Hall fikk gjennomført store muntlige spørreundersøkelser av barn i førskole og tidlig skolealder, og grupperte forskjeller i ideer hos jenter og gutter, barn i byer og barn på landet, amerikanske, tyske og irske barn. På bakgrunn av Berlin-undersøkelsen og sine egne undersøkelser skrev han:

... it is believed to be in some degree the first opening of a new field, which should be specialized and single concept-groups subjected to more detailed study with larger numbers of children (Hall 1883).

Hall mente at den kunnskap som kom fram fra dette ville være nyttig i praktisk undervisning og også i antropologi og psykologi. Han slo fast det som senere har blitt det konstruktivistiske paradigmes retningslinjer for god undervisning:

All now agree that the mind can learn only what is related to other things learned before, and that we must start from the knowledge that the children really have and develop this as germs, ... (Hall 1883).

Med utgangspunkt i hva han her hadde funnet konkluderte Hall med at småskolelærere måtte bruke mye tid, kanskje et halvt år, på samtaler om og tegning av objekter før virkelig undervisning kunne begynne, eller som en del av den første undervisningen. Foreldrene kunne best forberede sine barn til skolegang ved å gjøre dem kjent med naturlige objekter fra livet i hjemmet og livet på landet, og samtaler om dette. Og med tiden skulle det vise seg at 'the content of children's minds' virkelig skulle bli et nytt forskningsfelt, og der gjennombruddet kom med Piaget og hans dybde-intervjuer av barn.

Blant sosialpsykologene utviklet amerikaneren George H. Mead alt i 1930-årene en teori for hvordan mennesket konstruerer en oppfatning om seg selv. Mennesket benytter symbolspråk i sin interaksjon med andre mennesker og danner et selv bilde ut fra andres reaksjon på en selv (Mead 1934). Meads konstruktivistiske ideer finner en senere igjen hos kunnskapssosiologer som Berger og Luckmann i deres skjellsettende bok *The social construction of reality*. De er opptatt av hvordan virkeligheten konstrueres i samfunnet:

A 'sociology of knowledge' will have to deal not only with the empirical variety of 'knowledge' in human societies, but also with the processes by which any body of 'knowledge' comes to be socially established as 'reality'
(Berger & Luckmann 1967:15).

Hos vitenskapsteoretikere som Karl Popper, Thomas Kuhn og Imre Lakatos finner en også konstruktivistiske ideer. Poppers analyser er i stor grad basert på den *logiske* status til vitenskapelig erkjennelse. Kuhn (1970) for eksempel legger vekt på sosiologiske og psykologiske faktorer for hvilke teorier som aksepteres eller forkastes. De teoriene forskerne arbeider innenfor kaller han *paradigmer*. Lakatos bygger på en vurdering av vitenskapens historie når han utvikler sin teori. Han bruker begrepet *forskningsprogram* – i betydningen hel teori – for å beskrive hvordan vitenskapelige teorier vokser, utvikler seg og eventuelt dør. En teori er nærmest som et språk, et sammenvevd system der alle ting henger sammen. Skal et forskningsprogram være godt, må det være i vekst, det må gi forskerne nye ideer eller nye problemer, da er det progressivt – eller det stagnerer og da omtales det som degenerert. Begge de to sistnevnte legger vekt på vitenskapen som sosiale aktiviteter, der både personlige, sosiale og historiske faktorer spiller inn. Vitenskapen er en komplisert sosial aktivitet (Sjøberg 1998:220).

I et bredt konstruktivistisk syn på vitenskapen råder det enighet i noen sentrale områder. Vi ser aldri verden direkte, som den 'egentlig' er. Vi ser den gjennom våre begreper, våre forventninger, vår egen før-forståelse. Filosofer som Kant snakker om verden *i seg selv* og verden *for meg*. Han sier at jeg bare har tilgang til verden slik den er *for meg*. Og gestaltpsykologen Koffka sier at vi ikke ser verden slik *den* er, men slik *vi* er. Vi ser verden gjennom de oppfatninger, begreper, teorier og forventninger som vi bringer med oss, med klare konsekvenser for læring. Erfaring i seg selv er ingen garanti for læring – det trengs input av teori og refleksjon.

Tilsvarende synspunkter ble også fremsatt av naturvitere og pedagoger lenge før konstruktivismens moderne tid. Albert Einstein, i sin kjente klassiker 'The Evolution of Physics' fra 1938 (og i samarbeid med Infeld i 1971), uttrykker seg slik i synet på hva kunnskap om naturvitenskap er og hvordan den dannes:

Science is not just a collection of laws, a catalogue of unrelated facts. It is a creation of the human mind, with its freely invented ideas and concepts. Physical theories try to form a picture of reality and to establish its connections with the wide world of sense impressions (Einstein & Infeld 1971:294).

Naturvitenskapens 'objekter' er den fysiske virkeligheten, både ting og levende organismer. I naturvitenskapen prøver vi å gripe og forstå denne verden, og vi prøver å utvikle begreper og forestillinger som gjør at vi kan hankses med vår tilværelse. I en slik prosess konstruerer vitenskapen sine tanker i form av begreper, hypoteser, lover, modeller og teorier (Sjøberg 1998:38).

Begrepene er byggesteinene i naturvitenskapens tankebygning. Disse, gjerne observerbare størrelser, er klart definert, ofte operasjonalisert ved å angi hvordan de skal måles eller tallfestes. Begrepene i vitenskapen er menneskers oppfinnelser, konstruert for å forstå verden bedre. Dette er ikke et ukontroversielt standpunkt, men innebærer en konstruktivistisk grunnide (Sjøberg 1998:67).

Most people know how constructivism, within science education, began. It started with the words of children (Solomon 1994a).

Et viktig bidrag til utviklingen av konstruktivisme-retningen har vært den **kognitive psykologien**, spesielt representert ved **Piagets** teorier. Piagets innflytelse er åpenbar. Sveitseren Jean Piaget (1896-1980) var både filosof, erkjennelsesteoretiker, psykolog og biolog. Selv omtalte han seg som *genetisk epistemolog*. Et langt liv med forskning førte til en omfattende vitenskapelig produksjon. Han søkte primært å studere kunnskapens natur og vekst, og dette nærmet han seg fra to utgangspunkter – et studium av kunnskapens utvikling i et historisk perspektiv og et studium av barnets anstrengelser for stadig å forstå bedre. Piaget beskrev sine egne teorier som konstruktivistiske og hevdet at kunnskapsutviklingen hos et barn var et resultat av både fysisk modning og av den aktive konstruksjon av kunnskap som barnet foretok.

Ofte refereres det til den amerikanske psykologen George A. Kelly som publiserte sin *Personal Construct Theory* i 1955 og en kondensert utgave av boken noen år senere (Kelly 1963). I følge teorien forstår en person seg selv og sin omverden og vurderer fremtidige hendelser ved å konstruere personlige, tentative modeller (personal constructs). Hver person danner sine egne representative modeller av verden rundt seg. Kommunikasjon mellom mennesker var for Kelly ikke avhengig av et sett med felles modeller, men i hvilken grad en person evnet å tolke andres modellsystem. Kellys teori representerer et vesentlig bidrag til fremvekst av en konstruktivisme-tradisjon i naturfagdidaktikken (Pope & Gilbert 1983 i Ringnes 1993:25), der den nå har vært viktig innen didaktisk tenkning i mange ti-år. Det har skjedd en omfattende utvikling, utdyping og presisering i løpet av de siste 30 årene med utvikling av ny terminologi til et funksjonelt vokabular.

Ved å inkludere både inntrykk fra verden omkring individet og den internaliserte tenkning som grunnlag for kunnskapserving kan konstruktivismen ses på som en syntese av flere av de klassiske retningene og en videre utvikling av disse. Hovedprinsippene i konstruktivismen er ifølge von Glasersfeld (1984, 1988) at kunnskap bygges aktivt opp av det tenkende individet og at ved tilpasning til omgivelsene oppnås erkjennelse ut fra individets erfaringsverden. Men det er ikke sikkert at erkjennelsen er et sant uttrykk av tingenes virkelige vesen:

1. *Knowledge is not passively received, but actively built up by the cognizing subject.*

2. *The function of cognition is adaptive and serves the organization of the experiential world, not the discovery of ontological reality.*

(Ernst von Glasersfeld 1988:8)

En akseptering av det første punktet kalles triviell konstruktivisme og har få motforestillinger i det naturfagdidaktiske miljø. En akseptering av også det andre av von Glasersfelds punkter, kalt radikal konstruktivisme, er ikke så alminnelig utbredt blant naturfagdidaktikere. Men innen konstruktivismen er det dog ikke slik at alle teorier om et forhold har samme status. Skoleelevers ideer og naturviteres kunnskaper er ikke like andvendbare på samme forhold. Naturviternes teorier er konsistente beskrivelser basert på en rekke personers forskning og tenkning. I historisk perspektiv har teoriene fått kollektiv tilslutning. Og det er de gjeldende teoriene og den historiske utviklingen innen naturvitenskapen som læreren skal hjelpe eleven med å tilegne seg.

Konstruktivismen ble etablert som teorifundament innen naturfagdidaktikken først på slutten av 1970-tallet, men har røtter mye lenger tilbake i tid. Nesten all forskning innen naturfagdidaktikk i våre dager har konstruktivismen som sitt teorifundament. Dette fremkommer i en rekke hovedoppgaver (Kind 1989, Nilssen 1993, Arnesen 2002) og doktorgradsavhandlinger (Ringnes 1993, Hansen 1996). Men det er store meningsforskjeller knyttet til forestillingene om konstruktivisme, på den måten at det den enkelte forsker har forstått/ ment med konstruktivisme har variert i betydelig grad (Kunszenti 2000:xv). Konstruktivisme må nærmest forstås som et paraplybegrep. Svein Sjøberg (1998) omtaler dette utførlig i sin lærebok *Naturfag som allmenndannelse – en kritisk fagdidaktikk*, og oppfordrer hver leser til å konstruere sin versjon. Per Morten Kind gjennomgår den historiske utviklingen og rekkevidden av konstruktivismen i sin hovedfagsoppgave i realfagdidaktikk (Kind 1989). Mange doktoravhandlinger har tatt opp dette emnet, deriblant Vivi Ringnes (1993) i *Elevers kjemiforståelse og læringsvansker knyttet til kjemibegreper* og Per J. Kirkeby Hansen (1996) i *Alle snakker om været... En teoretisk og empirisk undersøkelse av grunnskolens undervisning i vær og klima og elevenes forståelse av emnet* og Agnes Kunszenti (2000) i *Knowledge or Understanding?*. Det er derfor ikke uten grunn vi har ønsket å se nærmere på noe av den diskusjonen som har foregått.

I dag brukes merkelappen konstruktivisme om et vidt felt av tankestrømninger. Hovedtanken er at mennesker lager seg sine egne forestillinger, de konstruerer mentale modeller av sin sosiale og fysiske virkelighet. Vår evne til logisk tenkning er avhengig av den kunnskap og erfaring vi allerede har, og vår logikk er knyttet til de konkrete sammenhengene. Også nyere vitenskapsteori kan sies å ha et konstruktivistisk perspektiv. Slik sett blir konstruktivismen et samlende perspektiv på både vitenskapens utvikling og det enkelte individs læring. Konstruktivismen genererer et syn på læring i tillegg til at den er en erkjennelsesteori. Og for flere områder innen naturfagdidaktikken står den i våre dager som et samlende teorigrunnlag.

3.2 Læringsteorier

Læringspsykologer og pedagoger er opptatt av hva læring er og hvordan læringsprosesser foregår. Denne hovedoppgaven dreier seg om elevers fagforståelse og eventuelle læringsvansker knyttet til geofaglige begreper. Den må derfor bygge på teorier om læring. De mest relevante teoriene for læring presenteres kort med fokus på viktige poeng fra den enkelte læringsteori.

3.2.1 Læringsteoretiske retninger

Assosiasjonistiske teorier beskriver læring som det å danne bånd (assosiasjoner) mellom påvirkning og reaksjon, en såkalt S-R binding (S = stimulus) (R = respons), der tenkning som vitenskapelig begrep ikke benyttes. Behaviorismen er typisk for denne tradisjonen der teoriene til Pavlov og Skinner er kjente representanter. Disse er ikke så aktuelle i en naturfagdidaktisk sammenheng.

Kognitive læringsteorier er en tradisjon som har relevans for læring av fagstoff i skolen. Sentralt i slike teorier er hva som skjer når individet tenker, lærer seg noe og husker det, og hvordan kunnskapen organiseres.

De kognitive læringsteoriene til Piaget, Bruner, Ausubel og Gagné har alle vært sentrale til utviklingen av den læringspsykologiske delen av naturfagdidaktikken. Derest har Vygotsky blitt gjenoppdaget i vesten også i naturfaglig sammenheng. Læring som informasjonsbehandling blir presentert på en måte som har vist seg å være fruktbar for naturfagdidaktikken av Richard T. White (1988a) i boka *Learning Science*. Læring som kommunikasjon rommer nyere teorier som har vunnet gehør i de senere år.

Konstruktivistiske læringsteorier er læringsteorier som tar utgangspunkt i eller utvikler seg inn i et konstruktivistisk syn på læring. Ved et konstruktivistisk syn på læring er det visse trekk som ligger i bunnen og gjør seg gjeldende (Driver & Bell 1986). For det første legges det til grunn at individet aktivt konstruerer mentale modeller av den fysiske så vel som den sosiale verden omkring seg. Impulser mottas og bearbeides ut fra tidligere kunnskap og erfaring. Ved at ny kunnskap vurderes, relateres til og tilpasses eksisterende ideer vil disse utvikles og omstruktureres. Allerede før en elev får undervisning i et fag har han konstruert og strukturert store mengder kunnskap som vil være noe forskjellig fra elev til elev avhengig av tidligere erfaringer og konstruksjoner. Derest bruker eleven de konstruerte modeller til å tolke sin omverden.

Kognitiv struktur er betegnelsen på den kunnskapen eleven har ervervet og organisert som et nettverk av konstruksjoner. Læring vil innebære både en utvidelse og utbygging av og en omstrukturering av elevens til enhver tid kognitive strukturer. Læring blir derved beskrevet som utvikling, konsolidering og forandringer av kognitive strukturer (Sjøberg 1998:283). Dette kan sies å være arven fra Piaget som ligger i bunnen og utgjør en felles basis.

3.2.2 Piagets teorier

Jean Piaget (1896-1980) er anerkjent som en ledende teoretiker innen kognitiv psykologi. Og kognitiv psykologi har vært et viktig område for utvikling av et konstruktivistisk perspektiv, i hovedsak på grunn av teoriene til Piaget. Han omtaler selv sin teori som konstruktivistisk, og tenker seg at kunnskapen vokser fram i et samspill mellom biologisk modning og aktiv konstruksjon. Hans teorier har fått stor betydning for naturfagenes didaktikk – til tross for at

Piaget ikke primært var opptatt av didaktikk, men hadde som hovedanliggende kunnskapens struktur i sin forskning (Sjøberg 1998). Piaget var tverrfaglig orientert. Han var biolog, men stiftet også bekjentskap med datidens filosofiske og psykologiske strømninger, blant annet psykoanalysen, som kom til å prege hans forskningsmetoder. Det overordnede problem var filosofisk: Å finne fram til kunnskapens opprinnelse og struktur. Han var derfor primært erkjennelsesteoretiker (epistemolog) og ikke psykolog. Innfallsporten til kunnskapens struktur var å studere hvordan den blir konstruert. Han valgte to kilder: Hvordan kunnskap har utviklet seg gjennom tidene, altså vitenskapens historie, og barnets kamp fram mot bedre former for forståelse (Imsen 1998:88).

Knowledge cannot be conceived as predetermined either in the internal structures of the subject – they are due to an effective and continuous construction; or in the pre-existing characteristics of objects, since they are only known through the mediation of these structures and the latter enrich them by incorporating them (Piaget 1972:14).

Piaget mente tradisjonell epistemologi i for stor grad var opptatt av å studere resultatet, det vil si kunnskap på et høyt nivå. Han kalte sitt forskningsfelt genetisk epistemologi:

Genetic epistemology, then, aims to study the origins of various kinds of knowledge, starting with their most elementary forms, and to follow their development to later levels up to and including scientific thought (Piaget 1972:15).

Piagets studium av barns kognitive utvikling var tenkt av kort varighet, men kom til å engasjere ham i mange år. Gjennom kliniske intervjuer studerte Piaget (to arbeider fra 1926 og 1927) innholdet i barnas forestillinger om verden omkring seg. Barn fram til 12-årsalderen ble intervjuet blant annet om værphenomener som skyer, regn og vind, om himmellegemers bevegelse, og opphavet til sol, måne, natt, hav, fjell og jord og andre geofaglige emner. Piaget viser hvordan forestillingene kan utvikle seg over lang tid og hva som kan bidra til at barn konstruerer og rekonstruerer sin oppfatning av den fysiske verden som omgir dem. Han mente utviklingen måtte gjennomgå stadier som representerte kvalitative sprang i forestillinger, og at dette kunne tyde på en underliggende struktur i forestillingene om årsak og virkning. Barnas utvikling skjer hele tiden gjennom aktiv kontakt med naturen, kommunikasjon med andre barn og voksne og gjennom undervisningen på skolen (Hansen 1996:27).

Piaget utviklet kliniske intervjuer som sin forskningsmetode i 1920-30-årene og søkte gjennom disse intervjuene å beskrive menneskets erkjennelse. Forskningsmetoden var empirisk idet han hentet kunnskap fra virkeligheten, fra barnets verden, og den kan kalles klinisk fordi han studerte enkeltindivider – han beskriver det som er felles og alderstypisk. Resultater av forskningen (bl.a. Piaget 1972) førte til formuleringer som ofte kalles **Piagets utviklingsteori**. Mens den positivistiske tradisjonen legger vekt på miljøets betydning for læring, og den rene aprioristiske (rasjonalistiske) tradisjonen legger vekten på det medfødte og biologiske, er Piagets teori en slags syntese av de to tradisjonene. Piagets syn på erkjennelsesprosessen er en klar forløper for dagens konstruktivisme (Sjøberg 1998:281).

I utviklingsteorien sin skiller Piaget mellom to aspekter ved barns intellektuelle utvikling: selve prosessen (funksjonene) og resultatet eller produktet (strukturene). Mens prosessen, den kognitive funksjonen, oppfattes som uendrete gjennom hele livet, vil resultatet, strukturene, være kvalitativt forskjellig etter hvert. Dette siste er kjent som stadieteorien.

Strukturene indikerer hva slags kunnskap individet har mulighet for å tilegne seg. De er forskjellige avhengig av individets biologiske utviklingstrinn og erfaringer. Piaget brukte også begrepet *skjema* om en slags grunnleggende struktur som var de indre representasjoner

av handlingsmønstre. Med *kognitiv struktur* mente Piaget det nettverk som summen av skjemaene og relasjonene mellom dem representerte.

Funksjonene indikerte *hvordan* et individ erverver seg ny kunnskap og de er de samme gjennom hele individets utvikling. Individet interagerer med omgivelsene. Når en person stilles overfor en ny og ukjent situasjon, prøver vedkommende å tolke den ut fra sin eksisterende kognitive struktur. Noen inntrykk kan ifølge Piaget *assimileres* inn i allerede eksisterende struktur, slik at omgivelsene tilpasses organismen. Andre inntrykk lar seg ikke innpasse, men kan føre til at individet tilpasses omgivelsene (en *akkomodasjon*). Da blir strukturene endret, og det er på denne måten individet lærer. Ved de to komplementære prosessene assimilasjon og akkomodasjon søker individet å etablere likevekt mellom seg selv og omgivelsene; det søker en tilpasning (*adapsjon*) til omgivelsene (Ringnes 1993:30).

Stadieteorien til Piaget fremholdt at hvert individ går gjennom ulike stadier i sin utvikling og beskrev hvordan barns erkjennelse er kvalitativt forskjellig i ulike perioder – stadier – av deres intellektuelle utvikling. Piaget formulerte karakteristiske trekk ved fire stadier i utviklingen. Han mente at overgangen fra et stadium til et annet skjer ved forandringer i skjemaene, og at endringene følger et programmert mønster avhengig av alder. De fire stadiene i barnets intellektuelle utvikling kalles: 1. Det sensomotoriske stadiet (0-2 år) 2. Det preoperasjonelle eller intuitive stadiet (2-7 år) 3. Det konkret-operasjonelle stadiet (7-11 år) 4. Det formal-operasjonelle stadiet (Fra 11-års alderen). Overgangen fra ett stadium til det neste karakteriseres av en utvikling av strukturene. Overgangen er ifølge Piaget ikke avhengig av det materialet barnet arbeider med eller av tidligere kunnskap og er den samme for barn i alle kulturer. Aldersangivelsene er omtrentlige og ikke noe hovedpoeng. Det vesentlige er at de følger etter hverandre, bygger på hverandre og ikke kan hoppes over (Sjøberg 1998:281-284).

At Piagets erkjennelsesteori er konstruktivistisk, innebærer at han tar avstand fra det synet at sanseintrykk og stimuli nærmest nedtegner seg på sinnet som "bilder" av en ytre virkelighet. For Piaget blir barnets virkelighet konstruert gjennom de to funksjonene assimilasjon og akkomodasjon, for å gjenopprette ubalansen som oppsto ved at ikke alt det nye kunne tas inn eller assimileres (Sjøberg 1998:283). Her ligger drivkraften i den intellektuelle utviklingen, og dermed også i læringsprosessen. Det er trangen til indre likevekt som driver barnet til omstrukturering (akkomodasjon) og dermed til ny tolkning og erkjennelse. Likevektsprinsippet, ekvilibrasjonen, er en medfødt selvregulerende prosess som utgjør et sentralt aspekt ved indre motivasjon og er det viktigste forklaringsprinsippet for barnets utvikling og læring (Imsen 1998:93-94). Med sitt biologiske utgangspunkt, kaller Piaget dette for selvregulering. Biologiens begrep homøostase er en åpenbar modell for teorien (Sjøberg 1998:284).

Det barnet søker, dersom det blir overlatt til sin egen selvregulering, er nøyaktig hva det trenger for intellektuell vekst, dvs. moderat grad av nyhet som kan konsolidere de eksisterende strukturer og på samme tid utvide dem (Piaget i Hundeide 1985:99).

Denne selvreguleringen som er den sentrale ideen i Piagets kognitive psykologi, er grunnlaget for det selvinitierte initiativ barna viser i sin læring.

3.2.3 Bruners teori

Den amerikanske psykologen Jerome S. Bruner har vært opptatt av hvilke prinsipper som bør anvendes i undervisningen for at læringen skal bli mest mulig effektiv. I rapporten fra en konferanse i 1959 fremsatte Bruner en meget referert hypotese i sin rapport *The Process of Education* som kom i 1960 og kom på norsk i 1970 og har blitt en klassiker. Hypotesen lyder:

...det er mulig å gi ethvert barn på ethvert utviklingstrinn effektiv undervisning i en intellektuell ærlig form i ethvert emne (Bruner 1970:43).

Et annet sentralt punkt i Bruners hypotese er selve emnet eller faget. Og det er emnets og fagets struktur som må fram i undervisningen:

... læreplanen i et fag bør legges opp med den mest fundamentale forståelse det er mulig å fremskaffe, av de grunnleggende prinsipper som gir faget struktur (Bruner 1970:42).

Bruner anbefalte at for store problemer, prinsipper og verdier som det vil være viktig å vite noe om som voksen, bør man følge et spiralsenum fra tidlig barneskole. Det legges vekt på de logiske strukturer og på at elever skaffer seg en generell forståelse for disse. Elever må lære seg de grunnleggende prinsipper i faget, og lærestoffet må tilpasses elevenes kognitive nivå. Samme ide kan så gjentas i stadig mer avanserte former etter hvert som barna blir eldre. Et begrep kan modifiseres, men de generelle prinsippene ligger fast (Imsen 1998:176ff).

Bruners **spiralprinsipp** er altså en ”undervisningsteori” som betinger et **spiralsenum**. En slik oppbygning tar hensyn til både barnas utvikling og emnets eller fagets struktur. Det stoffet de får innblikk i som unge elever, skal de kunne bygge videre på ved undervisningen på høyere og høyere klassetrinn fram til voksen alder. Dette prinsippet har gjennom M 87 preget mange av fagene, deriblant O-fag og naturfag, i grunnskolen i Norge.

Det siste momentet i Bruners hypotese handler om effektiv undervisning som skal føre til læring (Bruner 1970:57ff). En læringsepisode innebærer tre nesten samtidige prosesser hos den som lærer: Tilegningen av ny informasjon, transformasjonen dvs selve informasjonsbehandlingen og evalueringen eller kontrollen av om behandlingen svarer til oppgaven. Samlet sett peker Bruners rapport på flere mulige retninger for utvikling av læreplaner og undervisning som skulle styrke fagene på elevenes premisser. Her kan vekt på interesse og nysgjerrighet gjennom oppdagende læring (*discovery learning*) være veien som vil føre fram til ny kunnskap hos elevene.

Bruner ble senere meget opptatt av Vygotskys sosial-konstruktivistiske perspektiv og gjorde seg til talsmann for mange av hans perspektiver og prinsipper.

3.2.4 Gagnés teori

Den amerikanske psykologen Robert M. Gagné har samordnet ideer fra flere teorier, og identifiserer åtte fundamentalt ulike typer av læring ordnet i et hierarkisk forhold til hverandre (Gagné 1970). Det er ikke snakk om enten – eller, men ulike typer læringsinnhold og ulike læringsfenomener. De åtte kategoriene er: 1. Signallæring, 2. Stimulus-respons læring (S – R-binding), 3. Læring av lengre S – R-sekvenser (S – R- sekvenser), 4. Verbale assosiasjoner, 5. Diskriminasjonslæring, 6. Begrepslæring, 7. Prinsipp- og regellæring, 8. Læring av kognitive strategier (Problemløsning).

Lavest i hierarkiet finner vi læringstyper med behavioristiske karakteristika som S – R assosiasjoner, og øverst kognitive teorier. Han klassifiseres derfor som neo-behaviorist.

Et hovedpunkt i Gagnés teori er at all ny læring står i et hierarkisk forhold til ting som er lært før. Kunnskap må bygges opp systematisk fra grunnen av. Denne hierarkiske organiseringen av kunnskap må få implikasjoner for tilrettelegging av lærestoff i undervisningen. En del lærestoff er klart hierarkisk oppbygd slik at hvert trinn bygger på det som gikk forut, som igjen har sine byggesteiner. Med en slik form for struktur-tenkning må læreren fortsette å analysere og splitte opp lærestoffet (*task analysis*) til hun kommer ned til enkle kunnskaper og ferdigheter (Imsen 1998:178ff).

Forbindelsen med psykologien ligger i at hvert av elementene i hierarkiet kan identifiseres som en av de åtte læringstypene. For vanlig skolekunnskap blir det vanligvis de tre former for læring øverst i hierarkiet – begrepslæring, regellæring og problemløsningsstrategier – som er aktuelle:

... most instruction in school subjects is concerned with learning and use of concepts and rules with problem solving (Gagné 1970:67).

Gagné skiller mellom verbal kunnskap (*verbal information*) og intellektuelle ferdigheter (*intellectual skills*). Blant intellektuelle ferdigheter regnes gjenkjenning, forståelse og problemløsning. For Gagné var det imidlertid de intellektuelle ferdigheter i læringsprosessen som var de essensielle, ikke innholdet av kunnskapen:

While various kinds of verbal information ('facts', 'propositions', 'generalizations') play an important role in the learning of new intellectual skills, they do not represent a stable basis for describing what the individual 'takes away with him' from education. Intellectual skills, on the contrary, do tend to remain with the individual over periods of time... (Gagné 1970:245).

Gagnés teori er relevant for undervisning i naturfagene ved at emnene der er hierarkisk bygget opp. En rekke grunnleggende kunnskaper må være tilegnet før kunnskap på høyere nivå kan forstås. Elevene må hente fram en rekke kunnskapselementer fra sin hukommelse før de kan komme videre oppover i nivåene. Fra Gagnés teori ses betydningen av å ha tilegnet seg grunnelementer innen et fagområde som vesentlig for den videre utbygging av kunnskaper.

Et annet hovedpunkt er at Gagné (1965) beskrev vitenskapens egenart og elevens læring som to sider av samme sak. Hans beskrivelser ble lagt til grunn for det store amerikanske prosjektet Science – A Process Approach (SAPA 1967). Gagné argumenterer for at vitenskapelig erkjennelse oppnås gjennom vitenskapelige prosesser som å observere, klassifisere, beskrive, kommunisere, trekke konklusjoner, operasjonalisere variabler, kontrollere variabler, fremstille data, tolke data, eksperimentere. Han hevdet at disse prosessene blir brukt i all naturvitenskap, at de kan læres av elevene, og at de har stor overføringsverdi til andre innholdsmessige områder, og gjennom naturfagene skulle elevene rett og slett lære seg å tenke logisk og disiplinert (Sjøberg 1998:382-383).

En rekke utviklingsprosjekter ble fundert på prosess og logikk som det bærende. De store engelske Nuffield-prosjektene hevdet at elevene skulle være forskere selv, og at de gjennom sitt arbeid skulle komme frem til naturlovene. Her stod begreper som 'discovery-learning' og 'inquiry-learning' og likedan 'learning by doing' sentralt.

Vertikal overføring av læring finner sted når tidligere lært kunnskap danner byggesteiner for videre læring i faget, slik som i Gagnés kunnskapshierarkier. Eleven trekker med seg tidligere lærdom i ny, mer avansert læring. Læring på enklere nivåer overføres til høyere

nivåer. Dette vil i praksis være det samme som overføring fra nivå til nivå i et kunnskapshierarki, eller overføring av del-begreper inn i et prinsipp (Imsen 1998:186).

3.2.5 Ausubels teori

Den amerikanske psykologen David P. Ausubel tar fra sitt konstruktivistiske ståsted, utgangspunkt i faglig innhold i det store verket *Educational Psychology: A Cognitive View* (1968). Ausubel og medarbeidere (1978) legger vekt på struktur i undervisningssammenheng slik den foregår i skolen. De har fokus på struktur både som et indre kognitivt anliggende (psykologisk organisering) og et ytre, logisk anliggende (logisk organisering). Den store pedagogiske oppgaven blir å få det ytre lærestoff og elevens indre, kognitiv struktur til å møtes og relateres. Lærestoffet må gjøres psykologisk meningsfullt ved at lærer søker å danne tilknytningspunkter eller kognitive broer mellom to former for struktur (Imsen 1998:190ff).

Ausubel la stor vekt på mening og betydning, at det faglige innholdet skulle være meningsfylt. Han skilte mellom **mekanisk** læring (rote learning) og **meningsfylt** læring (meaningful learning). Eleven måtte knytte det nye lærestoffet til eksisterende kunnskaper for å oppleve meningsfull læring.

Throughout ... it has been repeatedly stressed that the conditions of learning primarily influence the meaningful acquisition and retention of ideas and information by modifying existing cognitive structure. ... If we had to reduce all of educational psychology to just a single principle, we would say this: Find out what the learner already knows and teach him or her accordingly (Ausubel 1968/1978:82).

Samsvaret mellom lærestoffets struktur og elevenes struktur er vesentlig for meningsfylt læring. Stoff må altså velges slik at det med sannsynlighet passer (har potensiell mening) for eleven, samtidig som det må skapes en slags psykologisk beredskap til å ta imot det nye stoffet.

Ausubel fremhever språkets funksjon i læringsprosessen. Møtet mellom nytt stoff og elevens struktur muliggjøres ved hjelp av felles begreper. Begrepene representerer den felles plattform av intersubjektivitet som er nødvendig for at formidling av kunnskap skal være mulig. Språk blir derfor en viktig formidler i opplæringssammenheng. Ausubel er derfor eksponent for meningsfylt, verbal læring, der språket er med på å forme tanken.

Meningsfull læring relaterer ny kunnskap til relevante eksisterende begreper i den kognitive strukturen. Ny informasjon knyttes til tidligere ideer eller ”knagger” (*subsumers*). Slik kan eksisterende elementer i den kognitive strukturen omorganiseres. Både knaggene og den nye informasjonen modifiseres i en assimileringsprosess, og nye bindinger dannes mellom beslektede ideer. Et generelt begrep vil kunne bli *progressivt differensiert*. Ny informasjon må vurderes opp mot og relateres til eksisterende kunnskap, og likheter og forskjeller utdypes. Derved legges det til rette for en integrerende forsoning (*integrative reconciliation*) av tidligere og ny kunnskap (Ringnes 1993:32).

Før-forestillinger (*preconceptions*) er noe Ausubel omtaler spesielt og legger stor vekt på:

... før-forestillingene er forbløffende gjenstridige og nesten umulige å utrydde. ... Det å avlære før-forestillingene kan vise seg å være den viktigste faktoren når det gjelder å tilegne seg fagstoff (Ausubel et al 1968 i Sjøberg 1998:294).

Ausubel søkte den logiske oppbygningen av kunnskap og læring i hierarkiske nivåer, fra det enkle til det mer kompliserte (Kind 1989:43). Imsen har en figur (1998:196) som viser en sammenstilling av Bruners, Gagnés og Ausubels oppfatninger av struktur og progresjon (delvis etter Novak 1977). Etter Bruners syn har kunnskapen i seg selv struktur, og implisitt ligger visse grunnleggende ideer som danner det naturlige utgangspunktet for organisering, *spiralprinsippet*. Den viktigste forskjellen mellom Gagné og Ausubel er at mens Gagné bygger kunnskapen opp fra bunnen, bit for bit (*bottom up-system*), så ser Ausubel de nye bitene i lys av den overordnede strukturen før de føyes på plass (*top down-system*). Mening betyr hos Gagné at det ikke er huller i systemet. Mening hos Ausubel er å se delene i forhold til helheten.

Ausubel opererer med enda en dimensjon for læring. Han omtaler kontinuumet **oppdagende læring** (*discovery learning*) og **mottagende læring** (*reception learning*). Ved oppdagende læring kan regulariteten i objekter og hendelser erfares av elever uten at begrepene nødvendigvis blir gitt merkelapp. Ved mottagende læring skaffer elever seg kunnskaper om begreper og teorier som eksplisitt presenteres i timene. Ausubel mente at *discovery learning* med urette er satt opp mot verbal formidling: de to metodene gir like meningsfylt eller meningsløs kunnskap alt etter i hvilken grad stoffet har relevans til en kognitiv struktur. Mellom disse to polene ligger **veiledet oppdagende læring**.

I Ausubel og medarbeidere (1978:25) finnes en figur der de ulike læringsaktivitetene er plassert i kontinuaene for de to dimensjonene. Den sammen figuren finnes i norsk oversettelse (Hansen 1996:35). Mesteparten av undervisningen i skolen planlegges som mottagende læring eller som veiledet oppdagende læring. Her er godt strukturerte arbeidsoppgaver og begrepslæring blant Ausubels eksempler på meningsfull læring. Hovedkriteriet for Ausubel er det meningsfylte ankerfeste i en indre helhetsstruktur, at eleven ser større sammenhenger i det de driver med. Og mening hos Ausubel er å se delene i forhold til helheten.

3.2.6 Vygotskys teori

Den russiske teoretikeren Lev S. Vygotsky (1896-1934) har med nyere oversettelser av verkene *Thought and Language* (1962, 1986) på norsk *Tenkning og tale* (2001) og *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes* (1978) fått en renessanse i vestlig psykologi, og blir mye brukt i pedagogisk sammenheng. Han hadde en omfattende skolering i jus, historie, litteratur og filosofi. Og han var godt orientert om vestlig psykologi, og kjente til arbeidene til både Thorndike, Freud, Piaget og Montessori. For Vygotsky var utfordringen å forene den filosofiske siden av marxismen med en psykologi om menneskets utvikling og sosialisering til samfunnsindivid.

Tre hovedpunkter står sentralt i hans pedagogiske filosofi: 1: Menneskets levekår påvirker dets tenkemåte. Det er felles egenskaper i våre omgivelser som gjør at vi forenes i måter å tenke og forstå hverandre på. 2: Bruk av redskaper kan hjelpe mennesket fremover og til å forbedre sine levekår. Dette gjelder ikke bare teknologiske redskaper, men også mentale redskaper. 3: Vi kan nå lenger ved å stå sammen, ved å forene krefter og samarbeide, enn om vi strever alene. De kollektive prosessene blir derfor viktige, også i psykologisk sammenheng. Vygotskys løser, et stykke på vei, "knuten" mellom det individuelle og det sosiale i psykologien, ved å innføre ideen om redskaper på det mentale planet. Han hadde store forhåpninger til hva skole og utdanning kunne utrette i samfunnets tjeneste, og han utviklet sine ideer slik at de kunne brukes i pedagogisk sammenheng (Imsen 1998:152ff).

I sin utviklingsteori setter Vygotsky *genesen*, eller utviklingen, i sentrum for sine studier, for å kunne ivareta det "historiske" aspektet, det vil si hvordan individet har utviklet seg over tid. Personen må forstås i både tid og rom: "Det er bare i bevegelse at en skapning viser hva den er". Utvikling må forstås som et resultat av flere ulike utviklingsprinsipper og ulike prinsipper kan gjøre seg gjeldende med forskjellig styrke i ulike perioder av livet. Både biologiske utviklingstendenser og sosiale forhold i miljøet "blander" seg med hverandre og danner en *sosiobiologisk* linje i barnets personlighet. Det som kjennetegner menneskelig utvikling og læring, ifølge Vygotsky, er samspillet mellom modning og forhold i miljøet, i retning av å nyttiggjøre seg språket som redskap til å mestre omgivelsene (Imsen 1998:155).

Et sentralt poeng hos Vygotsky er at all intellektuell utvikling og all tenkning har utgangspunkt i sosial aktivitet. Den individuelle, selvstendige tenkningen er et resultat av sosial virksomhet. Utviklingen løper *fra* en tilstand der barnet kan gjøre ting sammen med andre og *til* en tilstand der det kan gjøre ting alene:

Enhver funksjon i barnets kulturelle utvikling fremtrer to ganger på scenen, og på to plan. Først på det sosiale planet, og så på det individuelle psykologiske planet (Vygotsky 1978:57).

Det sosiale kommer først, deretter det individuelle.

Vygotsky bruker ideen om *redskap* til å forklare hvordan vi tilegner oss kultur og felles kunnskaper, i det hele tatt hvordan vi sosialiseres til mennesker. Vårt viktigste redskap i denne prosessen er *språket*. Den intellektuelle utviklingen har utspring i språk som et sosialt fenomen. Språket er en sosial aktivitet til å begynne med, men etter hvert "splittes" språkfunksjonen i to: Ett sosialt språk til å kommunisere med, og en "egosentrisk", indre tale som grunnlag for tanken. (Se figur 8.1 i Imsen 1998:157).

Det gryende språket, fra en enkel "stemningspreget" kommunikasjon, via ufullkomne språkuttrykk til et begynnende/ tidlig språk, er byggesteiner for tenkningen. Det at barn etter hvert begynner "å snakke med seg selv" gjør at erfaringer internaliseres som tenkning. Jo mer kompleks situasjonen er, desto viktigere er det at barnet kan bruke språket for å klare oppgaven. Den egosentriske talen utvikles etter hvert på det indre planet slik at barnet kan bruke språket overfor seg selv til å legge planer, styre og tenke for seg selv. Språket bidrar til å gjøre handlingene mer uavhengige av de konkrete forholdene, slik at det blir mulig å finne på ting som ikke byr seg direkte fra situasjonen (Vygotsky 1978).

Hos den voksne personen vil den egosentriske talen ha utviklet seg til en taus indre tale. Det er disse indre monologene som er tilgjengelig for "privat" introspeksjon og kontroll (Barnes 1978). De er grunnlaget for selvrefleksjon og bevissthet. Språket gjør det mulig for individet å reflektere over sine egne handlinger, og dermed å reflektere over seg selv. Språket blir en nødvendig forutsetning for den intellektuelle utviklingen, det blir bestemmende for hvordan en tenker og hvordan en skal oppfatte verden.

Vygotsky gjorde også et grep ved å sette inn et kognitivt "redskap" mellom stimulus og respons i den kjente S – R-sammenhengen. Han kaller dette redskapet for *tegn* (*sign*), som fungerer som "en annen ordens stimulus": Mennesket lærer å "erstatte" selve tingene med språklige symboler i tankene. Det at språklige tegn trekkes inn i forholdet mellom stimulering og handling, kalles *mediering* (Vygotsky 1978), og er grunnlaget for alle høyere psykologiske prosesser. Det kan utnyttes systematisk i pedagogisk sammenheng. Mediering gjennom språk hjelper individet til å kontrollere den selvstendige tenkningen. Å utvikle språket er å utvikle tankens byggeklosser.

Et annet hovedmoment i Vygotskys teori som har stor pedagogisk interesse er begrepet ”den proksimale utviklingssone” (ZPD = zone of proximal development) eller den nærmeste, neste, utviklingssonen. Fordi utviklingen løper fra det sosiale til det individuelle, klarer barnet å utføre en handling i samspill med andre før det er i stand til å utføre den alene. Forskjellen mellom disse to nivåene er det som kalles ZPD. Den pedagogiske utfordringen ligger i å utnytte utviklingssonen ved å stimulere barnet til å arbeide aktivt sammen med andre, og å gi hjelp og støtte på barnets vei mot å klare oppgaven på egen hånd. Vygotskys vekstbegrep er en svært fruktbar tilnærming fra en pedagogisk synsvinkel fordi den signaliserer at alle har et utviklingspotensial. Evnebegrepet blir noe utviklingsrettet (kommunikasjons-orientert evneoppfatning), ikke noe statisk og låst. Dette er helt i tråd med Vygotskys syn på utviklingen som et historisk løp; den har både *en fortid og en fremtid*. Han sier det slik:

Pædagogiken må orientere seg mod morgendagen i barnets udvikling og vende sig bort fra gårsdagen. Først da vil den kunne vække de udviklingsprosesser til live, som ligger i den nærmeste udviklings zone (Vygotsky (dansk) 1982:290).

Dette er noe av bakgrunnen for at kommunikasjonsorientert pedagogikk har fått stor oppmerksomhet gjennom 1980-årene, der det legges vekt på at elevene skal samarbeide om skolearbeidet, og at de skal få mer erfaring i å uttrykke seg språklig. Gjennom språkbruk i sosialt samspill tilegner eleven seg de språklige redskapene og resultatet blir læring og utvikling. Vygotsky var opptatt av hvordan dette samspillet best kunne struktureres slik at utviklingen på det indre, psykologiske planet kunne bli stimulert best mulig til høyere mental fungering. ”Undervisningen er god bare når den løper foran utviklingen”, så eleven måtte få passe store utfordringer.

I forbindelse med læring i skolen skiller Vygotsky mellom *spontane begreper* og *vitenskapelige begreper*. Spontane/ hverdagslige begreper lærer barn på egen hånd, i dagliglivet utenfor og i skolen. Vitenskapelige begreper blir utviklet innenfor de ulike skolefagene, og har en mer presis betydning. Det kan være samme ord som får et utvidet meningsinnhold fra erindring til det abstrakte begrepet, eller det kan være definisjoner av nye begreper (Vygotsky 1978). Å lære formelle og vitenskapelige begreper er tjenlig for å utvide individets handlingsrepertoar og frigjøre tenkningen fra de rene hukommelsesbildene.

Vygotsky mente at det å utvikle flere ”tegn-systemer”, enten det er vitenskapelige begreper, skriftspråk eller fremmedspråk, bidrar til at de ulike systemene drar nytte av hverandre og bidrar til å fremme utviklingen av tankeprosessene i retning av mer abstrakt forståelse, mer meta-kognitive ferdigheter og mer fleksibilitet og selvstendighet i tenkningen.

... language and other semiotic mechanisms provide the means for scientific ideas to be talked through on the social or inter-mental plane and following the process of internalization, language provides a tool for individual thinking (Mortimer & Scott 2000:127).

Det poengteres at forskjellige sosiale språk eller språkgenre genererer spesifikke verdensanskuelser og former ideene om verden ved hjelp av ord og begreper. Derfor kommer Bakhtin (1981:292) med en advarsel mot:

1. *treating students' ideas as if they were solely individual constructs, independent of the language used to express them, &*
2. *treating language simply as a channel or conduit for communicating ideas (Bakhtin 1981 in Mortimer & Scott 2000:128).*

Fra et sosial-konstruktivistisk synspunkt blir kunnskap og naturfaglig forståelse konstruert når personene engasjerer seg sosialt i samtale og aktivitet om felles problemer og oppgaver, og læring innebærer å bli presentert for og introdusert i en symbolsk verden.

Bruner, som hadde studert arbeidene til Vygotsky og blitt påvirket av ham, skrev noe av det samme i en introduksjon til en artikkel om Vygotsky:

*The Vygotskian project [is] to find the manner in which aspirant members of a culture learn from their tutors, the vicars of their culture, how to understand the world. That world is a symbolic world in the sense that it consists of conceptually organized, rule bound belief systems about what exists, about how to get to goals, about what is to be valued. There is no way, none, in which a human being could possibly master that world without the aid and assistance of others for, in fact, that world **is** others (Bruner 1985:32).*

Med Vygotskys perspektiver slik formulert, vil det å lære naturfagene involvere internalisering og utvikling av kompetanse i å bruke det sosiale språket til naturvitenskapene. Elever og studenter må *reorganisere* og *rekonstruere* samtaler og aktiviteter på det sosiale nivået (Mortimer & Scott 2000:129).

I så henseende har Vygotskys teorier og de konstruktivistiske perspektiver en felles plattform ved å erkjenne at den som skal lære ikke kan være en passiv mottaker av kunnskap og instruksjon.

3.2.7 Rosalind Drivers bidrag

Rosalind Driver (1941-1997) var en engelsk forsker og pedagog som kom til å prege utviklingen av naturfagenes pedagogikk og konstruktivismen fra slutten av 1970-årene. I 1978 publiserte hun en artikkel basert på sitt doktorgradsarbeid *The representation of conceptual framework in young adolescent science students* (Driver 1973) sammen med sin amerikanske veileder Jack Easley (Driver & Easley 1978), der hun ser kritisk på den stadieorienterte forskningen. Hun legger vekt på barns personlige måter å konstruere egne teorier om verden. Artikkelen tittel, *Pupils and Paradigms* (Driver & Easley 1978), gir en klar referanse til Thomas Kuhns vitenskapsteori, og antyder at barn forstår verden gjennom paradigmer som er annerledes enn voksnes og annerledes enn vitenskapens paradigmer (Sjøberg 1998:293). Driver ledet det omfattende forsknings- og undervisningsprogrammet *Children's Learning in Science Project (CLISP)* ved Universitetet i Leeds i England. Gjennom sin forskning utviklet hun det konstruktivistiske teorifundamentet i naturfagdidaktikk, og som pedagog førte hun ideene ut i skolen (Hansen 1996:37).

En sterk påvirkning på utviklingen av naturfagdidaktikken hadde også en samtidig fransk forsker, Laurence Viennot, med en større empirisk undersøkelse i sitt doktorgradsarbeid, som ble publisert også på engelsk (Viennot 1979). Hun så på fysikk-forståelse hos elever av ulik alder i forskjellige land. Studenter, så vel som yngre elever, hadde andre til dels private forestillinger om Newtons mekanikk enn den skolekunnskap som skolen doserte. Disse *intuitive* og *spontane* forestillingene levde altså videre tross årelang undervisning.

Fra tidlig på 1980-tallet har vi hatt et 'progressivt forskningsprogram' innenfor naturfagenes pedagogikk som kan omtales som konstruktivistisk, og der Drivers skisse til en ny teoriramme og Viennots studier av forståelsen av grunnleggende mekanikk gav støtet til en rekke empiriske og teoretiske arbeider (Sjøberg 1998:295).

Driver var banebryter innen flere nært beslektede områder, som gav ny innsikt og viktige konsekvenser. Tidlig i 1970-årene hadde spesielle former for 'aktivitets-pedagogikk' vunnet gehør både i USA, England, Norge og andre land. Her hadde mange naturfaglærere grepet ideen om å bruke 'Den vitenskapelige metoden' i naturfagundervisningen. Dette gikk ut på at elevene selv gjennom sine observasjoner og forsøk skulle komme fram til de riktige eller fruktbare sammenhengene. Begreper som '*enquiry*' og spesielt '*discovery learning*' antyder at elevene selv skal 'oppdage' naturlovene. Bak dette synet ligger et positivistisk syn på vitenskapen, nemlig det synet at våre observasjoner er teori-uavhengige, og at de nærmest med tankenødvendighet leder til de riktige generaliseringene i form av vitenskapens begreper og teorier. Så enkelt er det selvsagt ikke! Alle elever vet at dette er intellektuelt lureri – det er ganske bestemte 'konklusjoner' som er de eneste riktige. Bare i ettertid kan vitenskapelige teorier synes enkle. De blir ikke 'oppdaget', men snarere 'oppfunnet' ved at forskere konstruerer bestemte begreper for å beskrive fenomener. De sprang altså ikke ut av naturen selv, men var et produkt av forskerens intellektuelle virksomhet.

Forestillingen om eleven som en som 'oppdager' naturlovene er basert på et syn på vitenskapens vesen som i dag er forlatt. Allerede tidlig i sitt arbeid ble Driver klar over svakhetene ved et induktivt (empirisk) syn på lærings-prosessen (Driver 1975, 1983).

Empiricism is the view that secure knowledge is that which comes directly from experience. Induction is the process of inferring generalizations from a series of specific (or singular) observations. Examples might include the statement that 'the sun rises every morning in the east', based upon the repeated observation that, every morning so far, it has done so; or proposing that 'all non-metals are electrical insulators' on the basis of tests carried out on a collection of metallic and non-metallic specimens. [...] a fundamental problem about induction: unlike deductive reasoning, where we start from a set of initial propositions and use logical rules of argument to reach a conclusion (so that, if the premises are sound, then the conclusion must be valid), we can never be completely sure that an inductive generalization is true. The next singular observation we make may show that it is false. The second example above is a case in point. If we now add graphite to our collection of materials, we discover a non-metal which is not an electrical insulator. The generalization 'all non-metals are electric insulators' is seen to be false (Driver et al 1996:29).

Hennes syn på epistemologiske spørsmål førte til hennes kritikk av 'prosess-tilnærmingen' i naturfag-opplæringen. Og med stor beslutsomhet søkte hun å viske ut sammenhengen mellom den personlige konstruksjon av mening, på den ene siden, og induksjon i skolens allmenne kunnskapsutviklings, på den andre siden, ved læring av naturfagene (Millar et al 2000:2).

I boka *The Pupil as Scientist* tar Driver (1983) et oppgjør med denne spesielle formen for aktivitetspedagogikk. Og hun argumenterer mot induksjon gjennom å sidestille konstruktivismen som læringsteori med det hypotetisk-deduktive synet på vitenskapen:

In this alternative [to inductivism] constructivist or hypothetico-deductive view, theories are not related by induction to sense data, but are constructions of the human mind whose link with the world of experience comes through the processes by which they are tested and evaluated (Driver 1983:4).

Hun dokumenterer analysen med resultater fra klasseromsforskning. Som en vri på det kjente kinesiske ordtaket 'Jeg hører – og jeg glemmer, jeg ser – og jeg husker, jeg gjør – og jeg forstår!', avslutter hun med å avvise konklusjonen i ordtaket. Hun hevder tvert imot at det som kjennetegner elevene i de mest åpne eksperimentelle sammenhengene, er at 'de gjør og de gjør – men de forstår ingen ting!' (Sjøberg 1998:387).

Driver, i artikkelen *Constructing Scientific Knowledge in the Classroom* (Driver et al 1994), gjør et poeng av nødvendigheten av å ta med i betraktning naturkunnskapens vesen for å kunne lære fagene. Hun, med kolleger, argumenterer for fokusering på det symbolske i naturvitenskapens vesen og hvordan bruken av symboler kan hjelpe oss med å forstå. Gode, presise symboler og begreper som representerer naturens fenomener på en avklarende måte, og som enkelt-forskere og/eller forskergrupper finner fram til, er med på å gi ny innsikt og bringe vitenskapen fremover. Vitenskapens symbolske verden består nå av slike enheter som atomer, elektroner, ioner, magnetiske felt og flux, gener og kromosomer; den er organisert av ideer slike som evolusjons-utviklingen, og omfatter prosedyrer for måling og eksperimentering. Det er forskjell på naturens fenomener og vitenskapens forsøk på å beskrive dem.

Hanson (1958) gives an eloquent illustration of the difference between the concepts of science and the phenomena of the world in his account of Galileo's intellectual struggles to explain free-fall motion. For several years Galileo collected measurements of falling objects representing acceleration in terms of an object's change in velocity over a given distance, a formulation that led to complex and inelegant relationships. Once he began to think about acceleration in terms of change of velocity in a given time interval, then the constant acceleration of falling objects became apparent. [....] The point is that, even in relatively simple domains of science, the concepts used to describe and model the domain are not revealed in an obvious way by reading the "book of nature". Rather, they are constructs that have been invented and imposed on phenomena in attempts to interpret and explain them, often as results of considerable intellectual struggles (Driver et al 1994:5-6). (Understrekingen er min.)

Som en del av det å tydeliggjøre naturkunnskapens vesen, var det viktig for Driver, med kolleger, å få fram hvilke spørsmål det var legitimt å stille, som naturvitenskapen *kunne* prøve å finne svar på. Det er et sentralt mål for vitenskapen å komme med forklaringer på naturlige fenomener, slik som en observert regelmessighet eller underliggende kausal modell. For eksempel avhang Galileos forståelse av bevegelse på at han besluttet å spørre seg om *hvordan* fallende objekter faller – og ikke *hvorfor* de faller. Vitenskapen må styre unna teleologiske forklaringer, der hendelser blir forklart ut fra at de har et mål eller en hensikt, slik at en fremtidig tingenes tilstand blir brukt til å gjøre rede for begivenheter som ledet opp til den (Driver et al 1996:26).

I flere viktige publikasjoner tar hun (ofte med kolleger i hennes gruppe) til orde for og forsvarer et sosial-konstruktivistisk perspektiv på læring av naturfag. Driver ser altså en parallell mellom hvordan barn og unge utvikler sin kunnskap så vel i som utenfor skolen, og hvordan vitenskapelig kunnskap utvikler seg, hvordan hypoteser oppstår, testes og aksepteres eller forkastes. I strategier for læring blir det viktig at elevene får muligheter til å utfordre egne forestillinger, danne hypoteser og prøve ut disse.

Det er blitt benyttet en rekke ulike begreper til å beskrive det fenomenet at både barn og voksne har forestillinger som avviker fra de aksepterte vitenskapelige. Begrepsbetegnelsen er mer enn valg av ord. De ulike begrepene er 'teoretisk ladet', og de antyder ulik epistemologisk status til det observerte. Forskjeller i terminologi kan avsløre det teoretiske ståstedet for den som anvender begrepene. De ulike begrepene antyder også ulike 'kilder' til forestillingene, og dette betyr mye for hva slags pedagogiske konsekvenser som kan trekkes av observasjonene (Sjøberg 1998:297).

Driver diskuterer Ausubels to begreper *preconceptions* og *misconceptions* som han bruker om forestillinger som ikke er i overensstemmelse med aksepterte teorier:

... the term preconception ... implies that the ideas being expressed by the child do not have the same status of generalized understandings characteristic of conceptual knowledge. ... The term misconception is sometimes used in this context, with the obvious connotation of a wrong idea (Driver & Easley 1978).

I amerikansk litteratur er det vanlig å bruke *misforståelser* (*misconceptions*). Elevene ser verden på en måte som beror på *feil* og *misforståelser*, og de har enten observert feil, de har brukt logikken feil eller de har misforstått lærebok og lærer. De vitenskapelige teoriene oppfattes da som riktige og sanne. Dette kan, i sin mest ekstreme grad, representere en positivistisk forståelse av både kunnskap og læring (Sjøberg 1998:298).

Andre benyttede begreper er 'children's science'. Men det er ikke bare barn som har disse forestillingene, så uttrykk som 'hverdagsforestillinger' eller 'alternative forestillinger' er mer dekkende. Driver velger derfor gjennom videre studier å kalle elevenes ideer alternative forestillinger. Hun argumenterer for å bruke termen '*alternative frameworks*' med opphav i alternative paradigmer slik det brukes av Thomas Kuhn, som en helhetlig måte å tolke virkeligheten på. Og der kan et paradigme erstattes av et annet, men man går ikke inn i sannhetsgehalten. Det kan bety at en ide eller forestilling utgjør et alternativ til den rådende vitenskapelige.

... the situation in which pupils have developed autonomous frameworks for conceptualizing their experience of the physical world; these we will call 'alternative frameworks' (Driver & Easley 1978).

... in some areas pupils hold beliefs which differ from the currently accepted view and from the intended outcome of learning experiences. Such beliefs I shall call 'alternative frameworks' (Driver 1981).

Disse forestillingene er altså barnas egne. De kan skrive seg fra direkte erfaringer med deres fysiske omgivelser eller fra mer tilrettelagt læring som for eksempel i skolen. De er alternativer til de vitenskapelig aksepterte '*conceptual frameworks*':

By the construct 'conceptual framework', we shall mean the mental organization imposed by an individual on sensory inputs as indicated by regularities in an individual's responses to a particular problem settings (Driver & Erickson 1983).

Gjennom denne analysen av begrepene og resten av sitt forfatterskap viser Driver at hun langt på vei deler Ausubels syn på læring. Det innbefatter også synet på de problemene som knytter seg til **alternative forestillinger**. Studiene viser at slike alternative forestillinger som deles av flere kan være svært stabile og varige, og motstandsdyktige mot utryddelse selv etter lang tids undervisning. Det å lære skolens naturfag betyr gjerne at slike alternative forestillinger må endres, og at dette kan være en langsiktig og tidkrevende prosess. Driver mener at graden av resistens kan variere fra emne til emne i de ulike fagene:

Those subject matter areas which are particularly rich with respect to these early experiences (e.g. mechanics, heat and temperature) are more likely to result in stable frameworks and be more resistant to change than a topic area which is far removed from such previous experiences. Even in this latter situation, however, we would not accept the 'blank mind' option ... (Driver & Erickson 1983).

Over en periode kan barna ha parallelle forestillinger som gjør at de bruker det de lærer på skolen i skolearbeidet, men bruker sine egne alternative forestillinger når de skal anvende kunnskapene i en daglig kontekst.

Gjennom flere artikler og bøker på slutten av 1980-årene og begynnelsen og utover i 1990-årene utvikler Driver sine tanker om konstruktivismen og de implikasjoner den må ha for læring og undervisningen av naturfag i skolen. Flere steder bruker hun Ausubels begrep

'mening', slik det danner grunnlag for hans kategori 'meaningful learning' (Hansen 1996:40). Og hun knytter tråden tilbake til Piaget (1970) som selv om han ikke kalte seg "konstruktivist" før på slutten av sin forsker-karriere, hadde han det syn at kunnskap blir konstruert. Piagets (1937:311) utsagn: "*l'intelligence organise le monde en s'organisant elle-même*" (*intelligence organizes the world by organizing itself / intelligensen organiserer verden ved å organisere seg selv*) er hans spissformulering av den prosessen der menneskene konstruerer sin kunnskap om verden. Når Driver (1994:6) snakker om "Learning Science as an Individual Activity" bygger hun på Piagets teorier om eksistensen av kognitive skjemaer som blir dannet og utviklet gjennom koordinering og internalisering ved en persons persepsjon og bearbeiding av objektene i verden. Og hun legger vekt på at Piaget anerkjente at sosial interaksjon kunne spille en rolle i å fremme kognitiv utvikling ved, for eksempel, å tydeliggjøre forskjellige synspunkter for barna gjennom diskusjon. Selv om nyere forskning på barns begreper for fysiske fenomener har vært mer emne-spesifikk kunnskap enn generell resonering, mener Driver at mye er felles med Piagets perspektiv og kan føre til samsvarende konstruktivistiske perspektiver på naturfag-didaktikken.

Both view meaning as being made by individuals, and assert that meaning depends on the individual's current knowledge schemes. Learning comes about when those schemes change through the resolution of disequilibrium. Such resolution requires internal mental activity and results in a previous knowledge scheme being modified. Learning is thus seen as involving a process of conceptual change (Driver et al 1994:6).

For Driver er det sosial-konstruktivistiske perspektivet på læring ikke mindre viktig enn læring som en personlig konstruksjon. Og det ene utelukker ikke det andre, men de to tilnærmingene koopererer. Det individuelle kunnskapskonstruksjons-perspektivet plasserer de fysiske erfaringene og deres betydning for læring først. Mens et sosial-konstruktivistisk perspektiv vil primært fokusere på at læring involverer det å bli introdusert til en symbolsk verden – så å si et annet språk – og det kan vanskelig skje i solitude. Dette synet slutter Driver og medarbeidere (Driver et al 1994:7) seg til ved å referere Bruners introduksjon til Vygotskys arbeid (se det under 'Vygotskys teori').

Undersøkelser i 1980-årene (Driver et al 1985, Driver & Bell 1986, Driver 1988) som gikk ut på å granske elevenes ideer, gjorde funn som kunne sammenfattes i visse gjennomgående tendenser:

- (i) Når elever kommer til skolen for å lære har de ofte allerede utviklet synspunkter som skal forklare naturlige fenomener. Disse ideene er tilsynelatende personlige og enkeltstående tolkninger av erfaringer, og er ofte forskjellige fra de forklaringene som blir undervist i naturfag i klasserommene.
- (ii) Disse synspunktene kan være bemerkelsesverdig uaffisert og upåvirket av tradisjonelle former for instruksjon.
- (iii) Spesielle synspunkter kan være ganske vanlige. Det vil si, funnet av disse ideene er ikke en funksjon av utvalget av elever involvert, og en forklaring kan være fastholdt av mange elever.
- (iv) Noen elever kan holde fast ved to rammeverk på en gang: både den naturfaglige forklaringsmodellen gitt på skolen, og samtidig et synspunkt som de har fra før instruksjonen ble gitt, og som er i konflikt med denne. Den naturvitenskapelige tolkningen blir brukt når eleven skal besvare skole-prøver, mens det alternative synspunktet i konflikt med skolens, blir beholdt og brukt for å tolke verden innenfor rammene av sin folkelige kultur.
- (v) Elevenes ideer og antakelser er ofte bemerkelsesverdig konsistente tvers over grupper som varierer i alder og i nasjonalitet.

(Driver & Bell 1986 i Gunstone 1988:74-75).

Som en konsekvens av disse funnene satte Driver og Bell (1986) opp noen, til sammen seks, viktige punkter som måtte tas i betraktning ved et konstruktivistisk syn på læring:

- (1) Læring og læringsutbyttet avhenger ikke bare av læringsmiljøet, men også av kunnskapene, hensikten og motivasjonen som eleven bringer med seg. De ideene elevene har fra før vil influere på deres tolkning av ny kunnskap.
- (2) Læringsprosessen involverer konstruksjon av mening. Den mening som den enkelte elev trekker ut av det som blir sagt eller demonstrert eller erfart er muligvis ikke den meningsbetydning som var intendert av læreren. Dette impliserer at "forståelse" ikke kan bli direkte overført fra lærer til elev siden hver enkelt elev skaper sin egen forståelse. Lærerens rolle blir den å lette utviklingen av forståelse ved å legge til rett for og velge ut læringsoppgaver som kan gi et passende erfaringsgrunnlag.
- (3) Konstruksjon av mening er en aktiv og kontinuerlig prosess. Omvendt vil mentalt inaktive elever ikke konstruere mening.
- (4) Etter å ha konstruert kunnskaper og mening vil eleven evaluere dem og så deretter akseptere eller avvise dem.
- (5) Eleven har det endelige ansvar for sin egen læring. Elevene må selv bestemme hvilken oppmerksomhet de vil gi en læringsoppgave, konstruere sin egen tolkning av denne læringsoppgaven og vurdere sine ny-vunne kunnskaper. Eleven vurderer selv sine erfaringer mot tidligere erfaringer.
- (6) Det viser seg at det er mange fellestrekk blant de meningene elevene danner seg. Altså – i mange situasjoner vil de meningene er gruppe elever konstruerer være ganske like med de som en annen gruppe konstruerer.

(Driver & Bell 1986 i Gunstone 1988:77-78).

Åpenbart er det overordnede poeng i et konstruktivistisk syn på læring – at det enkelte individ genererer sin egen forståelse. Disse punktene til sammen representerer en teoretisk modell for et konstruktivistisk syn på læring.

En annen av Rosalind Drivers hovedinteresser var spørsmålet om pensum og læreplaner. I liten grad hadde forskere gitt råd og deres funn og resultater hadde heller ikke hatt noen påvirkning for utformingen av læreplaner, mens dette egentlig burde ha vært en viktig konsekvens som ikke skulle forbigås. Dette grep Driver fatt i, ikke minst fordi utformingen av pensum og læreplaner er viktige redskaper for lærerne i deres undervisning og utviklingsarbeid (Millar 2000:2-3).

Det ble viktig for Driver i fortsettelsen av sin forskning å søke å finne fram til undervisningsprinsipper som fulgte som en konsekvens av de konstruktivistiske læringsprinsippene. De som underviste i naturfag var interessert i om naturfaglig læringsteori kunne relateres mot et forbedringspotensial av praksis i skolestua. "Forbedre praksis" kunne bety mange ting, for eksempel, å fremskaffe begrepsmessig verktøy som lærerne kunne bruke for å undervise (Driver 1997), og å identifisere og utvikle spesifikke mål for læreplan og pensum.

3.2.8 Læring som informasjonsbehandling

Menneskehjernen er en fantastisk innretning – det ser vanligvis ut til at læringsprosessene forløper av seg selv. Men utvilsomt kan de indre kognitive prosessene være svært kompliserte. Læring innebærer at *noe* på det indre plan forandrer seg. Det forutsetter at vi har mentale forestillinger om eller avbildninger av den ytre verden. Piaget og andre etter ham hadde forestillinger om at ytre forhold på et eller annet vis er representert på det indre plan – derfor begreper om *indre representasjon*. Ingenting kan læres uten at *noe* sitter igjen på en eller annen måte. Kanskje er det slik at våre konstruksjoner av kognitive strukturer mates med informasjon fra et kunnskaps-lager.

Hukommelsen kan undersøkes på flere måter. En kan *gjenkalle* det som er lært, en kan *gjenkjenne* det eller bare *huske* ved at det er lettere å lære stoffet på nytt en annen gang – sparing ved gjenlæring. Gjenkjenning går for å være lettest, gjenkalling vanskeligst.

Hukommelsen kan også dikte. Den ikke bare lagrer informasjon, men gjengir. Og i denne gjengivnings-prosessen kan det skje diktning. Den engelske hukommelsesforskeren Sir Frederic Bartlett (1886-1969) viste dette gjennom en rekke klassiske studier av ryktedannelse; ved gjenfortelling av en historie gjennomgikk den forvandlinger. Det vi lagrer, er ikke detaljer, men tematiske helheter. Informasjon organiseres i meningsfylte relasjoner, *schemata*, som er sterkt preget av personens kulturelle og kunnskapsmessige bakgrunn. Ved gjengivelse er det helheten som dukker opp i minnet, resten konstruerer vi. Hukommelsen er ikke reproduksjon, men *rekonstruksjon* (Wingfield & Byrnes 1981:93-f).

Inspirert av tidligere hukommelsesteori og influert av datateknologien, tok hukommelsesforskningen en ny vending mot slutten av 1950-årene. Hovedideen er å betrakte hele læringsprosessen som en flom av informasjon som passerer en rekke omdannings- eller behandlings-prosesser i hukommelsen. Hvordan bygger et individ opp sine kunnskaper og hvordan oppbevares konstruksjonene, blir påtrengende spørsmål. Hva som blir værende igjen som varig kunnskap, er avhengig av en lang rekke faktorer knyttet til de enkelte behandlings-prosessene. Det en lærer seg, må lagres i hukommelsen. Men det er like mye et spørsmål om å hente kunnskapen fram igjen fra minnet når vi trenger den.

Under læring skjer det en informasjonsbehandling (Johnstone 1988). En informasjonsbehandlingsmodell som kalles tretrinns-modell er vist hos Imsen (1998:115 figur 6.1).

Læring blir gjerne betraktet som en tretrinns-prosess som starter med sansing med **persepsjon**. Deretter kommer behandling i **korttidsminnet**, og endelig lagring i **langtidsminnet**. En elev observerer og erfarer objekter og hendelser i omgivelsene, for eksempel det fagstoffet eleven presenteres for av læreren. Sanseintrykkene persiperes og sammenholdes i korttidsminnet med de allerede ervervede kunnskapselementer som hurtig trekkes ut fra langtidsminnet.

Ytre sansedata (syn, hørsel, lukt, smak, berøring) overføres først til et *sanseregister*. Her registreres inntrykkene. Noen hevder at inntrykkene bare registreres og ikke tolkes, og har derfor foreløpig ingen mening for personen. Andre hevder at det samtidig med sansing skjer en persepsjon og dermed knyttes mening eller gjenkjennelse til det som når sansene våre (Imsen 1998:112-119). I persepsjonsprosessen ligger en tolkning i tillegg til oppfangingen av nerveimpulser fra sansene. Perseptuell tolkning ser ut til å følge de samme gestalt-prinsippene som hukommelsen for øvrig. Organiseringsprinsipper er derfor sentrale i nyere hukommelsesteori.

Sansebildene i sanseregisteret omformes raskt til en form som kan lagres i minnesystemet. Det første lageret kalles korttidsminnet (KTM). I korttidsminnet beholdes registrert

informasjon i en viss tid, anslagsvis 15-30 sekunder. Korttidsminnet har begrenset kapasitet. George Miller (1956) foreslo at ca 7 enkeltstående, uavhengige enheter (*chunks*) er det et gjennomsnittsmenneske kan klare å huske på én gang. Noen er nede i 5, andre oppe i 9; derav det berømte tallet 7 ± 2 . Gjennomsnittlig kan vi for eksempel huske et 7-sifret tall. Blir det flere siffer, må vi gruppere til to- eller tre-sifrede tall (*chunking*).

Overskrider informasjonsmengden i KTM de 7 enhetene, skjer for eksempel ut-dytting av annen informasjon (retroaktiv hemming), eller det nye får ikke plass (proaktiv hemming), eller en må vente med å putte inn mer i KTM til det blir ledig plass ved at annen informasjon blir ført videre til neste lager: langtidsminnet (LTM). Informasjonen i korttidsminnet må kodes før den kan lagres i langtidsminnet. Materialet som først er kommet over i langtidsminnet, anses å være lagret for alltid – dersom det er kodet skikkelig. At stoffet er lagret i LTM behøver imidlertid ikke å bety at stoffet er present (jfr. gjenkjenning, gjenlæring).

Det er rimelig å anta at det er lettere å finne igjen stoff som hører til i et ryddig og oversiktlig system enn enkeltstående kunnskapsbrokker som er lært isolert og uten mening – at kunnskapene i LMT er organisert i oversiktlige og lett gjenkjennelige strukturer.

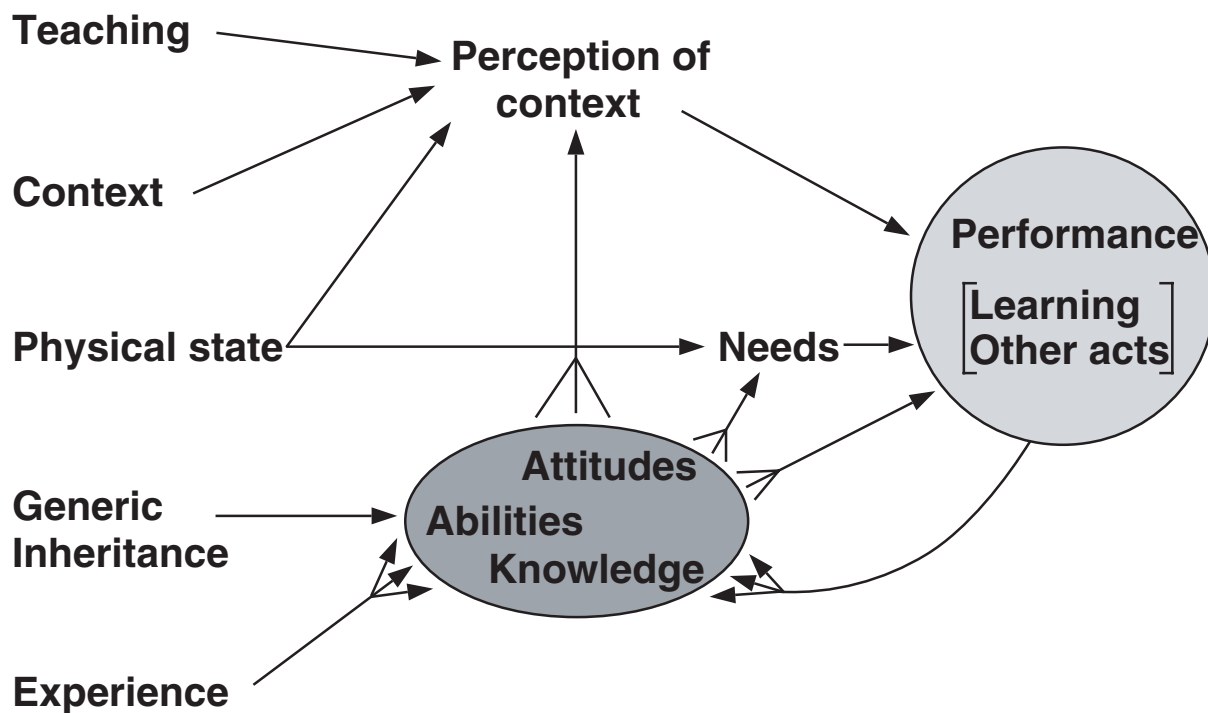
I stedet for atskilte lagre, som i den meget enkle 'boks-modellen' for tre-trinnsprosessen, har enkelte operert med ulike bearbeidingsnivåer i informasjonsbehandlingen (Craig & Lockhart 1972). De første nivåene gjelder analyse av enkle, fysiske egenskaper (*perifer innkodning*). Etterfølgende stadier analyserer mer komplekse fenomener som innebærer å knytte mening til observasjonene (*semantisk innkodning*). Hukommelsen betraktes som en kontinuerlig prosess der det er tale om grader av bearbeiding og grader av styrke på minnesporene.

I 1968 lanserte Atkinson og Shiffrin en revidert versjon av tretrinns-modellen som fort ble populær (Atkinson & Shiffrin 1968). Det nye er at de deler opp hver av de tre minnefunksjonene, sanseregister, korttidsminne og langtidsminne, i underavdelinger etter sansemodalitet: Ett langtidsminne for visuell hukommelse, ett for språk og auditiv hukommelse, ett for tidsoppfatning og ordning i tidsrekkefølge etc. Tilsvarende tenkte de seg et korttidsminne med del-lagre, og et sanseregister med bare visuelle inntrykk, men med mulighet for andre del-lagre. Et annet viktig trekk ved Atkinson og Shiffrins modell er at de postulerte en direkte forbindelse mellom sanseregister og langtidsminne. De mente det foregår en lynrask gjenkjenning eller tolkning av budskapet allerede i sanseregisteret, og denne prosessen må nødvendigvis ledsages av en søking i langtidsminnet (Imsen 1998:114-119).

Mer generelt og sammenfattet kan oppbyggingen av tretrinns-prosessen for læring beskrives slik: Etter bearbeidingen vil nye kunnskapselementer kunne bindes til tidligere lagrete elementer i langtidsminnet. Alternativt kan kunnskapselementer endres eller utvikles. Nye og andre bindinger mellom ulike kunnskapselementer kan også dannes. Dette vil føre til endring, utbygging eller utvikling av den opprinnelige kognitive struktur i langtidsminnet. Tretrinns-prosessen er imidlertid ikke lineær verken i tid eller ved at det er ulike *båser* som informasjonen må passere etter tur (Ringnes 1993:38). Det fins altså flere ulike modeller for hukommelsens oppbygging og et individs oppbevaring av kunnskapskonstruksjonen.

Australieren Richard T. White kom i 1988 med boken *Learning Science* (1988) der han beskriver veldig informativt hvordan læring kommer i stand, spesielt med tanke på naturfagene, men også generelt. Og han presenterer teorier for informasjonsbehandling. Han gjør felles sak med konstruktivistene og tar utgangspunkt i at læring er en aktiv prosess der hvert individ konstruerer sitt eget bilde av verden og sine egne meninger ut av ny

informasjon. Denne konstruksjonsprosessen involverer personens egenskaper, slike som eksisterende kunnskaper, ferdigheter og holdninger som har røtter i erfaringer og genetisk arv, og den konteksten der læring finner sted. (Se White 1988:15 figur 2.1). Alle pilene i Whites figur 2.1, min figur 3.1, representerer kausale årsakssammenhenger, og de peker i siste instans mot det individet gjør, i form av læring eller åpne handlinger.



Figur 3.1. Påvirkninger på prestasjon
(White 1988:15, figur 2.1: *Influences on performance*).

White (1988:15) presiserer at korrekte *prediksjoner* er alt som kreves av en teori innen de rene naturvitenskaper. Men naturfagdidaktikk er en anvendt disiplin som er praktisert i en sosial sammenheng. Derfor er *nytteverdien* en annen viktig test for en pedagogisk teori i tillegg til nøyaktigheten på prediksjonene. Kan den – har den potensial til å – påvirke praksis?

En av faktorene som påvirker læring og prestasjoner er behov (*needs*). Der er fysiologisk baserte behov som vann, mat, varme og fravær av smerte. I tillegg er det et sett av psykogeniske behov (Murray 1938) som inkluderer behov for mestring, prestasjoner, samhörighet og unngåelse av klandring. Ideer som dreier seg om ivaretagelse av behov lar seg inkorporere i en teori for motivasjon til å lære – læringsmotivasjon.

Elevenes meninger og holdninger (*attitudes*) til et emne påvirker oppmerksomheten under instruksjonen og følgelig den kunnskapsmengden som persiperes. White drøfter dette inngående og hevder at alle begrepene i denne sammenhengen har en kunnskapsmessig side, og at denne er klarere for holdninger enn for interesser og verdier. I Sjøbergs (1998:352) oversettelse sier White det slik: ”En holdning er en nokså stabil organisering av antakelser (beliefs) omkring et saksforhold, og disse påvirker deg til å reagere på bestemte måter”. Holdninger kan altså representere en relativt varig organisering av antakelser og kunnskaper

omkring et saksforhold, mens interesser kan være mer uavhengige av kunnskaper. Nysgjerrighet og interesser er nær knyttet til hverandre. Og man kan godt være interessert i ting man vet lite om. Men interesse og nysgjerrighet vil forhåpentlig føre til at man lærer, eller i alle fall gi seg utslag i en eller annen form for ytre handling (Sjøberg 1998:352).

Ferdigheter og evner (*abilities*) har innflytelse på læring. Det er viktig å merke seg at i min figur 3.1, (Whites 1988:15, figur 2.1) er representasjonen av ferdigheter ikke å betrakte som et singulært en-dimensjonalt begrepsområde, som for eksempel intelligens, men som et sett av kognitive strategier og spesifikke ferdigheter som kan anvendes på en lang rekke oppgaver, og som kan oppøves eller gå tapt. Dette, vedgår White (1988), kan diskuteres og bli omstridt. Men modellen hans presenterer kognitive strategier som essensen av ferdigheter og derfor som tunge determinanter for læring og andre handlinger.

White (1988:19) inkluderer kontekst (*context*) som en påvirkende faktor i læringssituasjonen, og helt spesielt elevenes persepsjon av den konteksten (*perception of context*) de befinner seg i. Modellen poengterer at konteksten influerer prestasjon bare gjennom individets persepsjon av miljøet. Dette er en vital del av en konstruktivistisk teori. Fordi folk som er plassert i det samme miljøet kan tolke det forskjellig, kan de også komme til å handle på svært forskjellig måte. Folks persepsjoner av sammenhengen og omgivelsene blir bestemt av den enkeltes fysiske og mentale tilstand. De mentale karakteristika av kunnskap, ferdigheter og holdninger – i sum – avgjør hvordan konteksten oppleves.

Selv om figuren er mangelfull, vil ikke relasjonene den representerer føre til protester, tror White (1988:17). Men han håper den kan ses på som et forslag som kan debatteres, modifiseres og videreutvikles. En slik utvikling er viktig – for, jo mer omfattende en læringsteori er, jo bedre guide vil den kunne være i utvikling av en undervisningspraksis.

Representasjonen av begreper og piler i figur 3.1 er kanskje ikke så klar som ønskelig, fremholder White (1988:20), men den skulle ikke skygge for det poeng at læring er en kontinuerlig, interaktiv prosess i betydningen av at det som læres nå er påvirket av det som ble lært tidligere, og vil i sin tur påvirke det som vil bli lært i fremtiden.

Vi vet ikke mye om hvordan hjernen virker eller hvor hukommelsens enkelte fenomener er plassert. Hukommelsen er antakelig ikke et statisk system, ifølge White (1988:22), men heller en dynamisk prosess som bare kan bli beskrevet ved en komplisert modell. Allikevel ønsker han å presentere en statisk modell, og forsvaret det fordi den er en hjelp når læring skal beskrives og dessuten brukbar til å utlede effektive undervisningsprinsipper. White presiserer at hans identifikasjon av forskjellige typer av hukommelselementer er en bekvemmelighets-inndeling, satt opp slik fordi kunnskapstypene har forskjellige betingelser for læring.

Mange tidligere læringsteorier har bare konsentrert seg om én form for informasjon, nemlig verbal kunnskap eller proposisjoner (eks. Piaget, Ausubel). Men Gagné og White (1978) beskriver et mer fullstendig sett av mulige kunnskapselementer i hukommelsen. Og i boken sin postulerer White (1988:22) at kunnskap lagres som diskrete enheter – kunnskapselementer som inngår i en modell for læring av naturfaglige kunnskaper.

White benytter syv typer elementer i sin modell og forutsetter et uttall av bindinger og relasjoner mellom dem. Derved kan en persons kognitive struktur for kunnskapen innen et fagområde bli svært omfattende.

De syv kunnskapselementene representerer ulike typer kunnskaper. White setter disse opp i en tabell (Se White 1988:23, table 3.1) med en kort beskrivelse av hver, se min tabell 3.1.

1) **Strenger** (*strings*) en verbal ordrett streng som kan være en definisjon, regel eller formel, 2) **Proposisjoner** (*propositions*) viser egenskaper ved et begrep eller relasjoner mellom begreper, 3) **Mentale bilder** (*images*) dannes ut fra ulike sanseinntrykk, og er oftest visuelle representasjoner, 4) **Episoder** (*episodes*) er hendelser som en har deltatt i og som har gjort et sterkt førstegangsinntrykk, 5) **Intellektuelle ferdigheter** (*intellectual skills*) er ferdigheter i å diskriminere, klassifisere og følge regler, 6) **Motoriske ferdigheter** (*motor skills*) er fysiske ferdigheter, 7) **Kognitive strategier** (*cognitive strategies*) omfatter en lang rekke ferdigheter som planlegging, analyse og vurdering.

Tabell 3.1 Syv typer hukommelselementer (White 1988:23, table 3.1)

Element	Brief definition	Example
1. String	A sequence of words or symbols recalled as a whole in an invariate form	‘To every action there is equal and opposite reaction’
2. Proposition	A description of a property of a concept or of the relation between concepts	The yeast plant is unicellular
3. Image	A mental representation of a sensation	The shape of a thistle funnel; the smell of chlorine
4. Episode	Memory of an event one took part in or witnessed	An accident in the laboratory; the setting up of a microscope
5. Intellectual skill	The capacity to perform a whole class of mental tasks	Balancing chemical equations
6. Motor skill	The capacity to perform a whole class of physical tasks	Pouring a liquid to a mark
7. Cognitive strategy	A general skill involved in controlling thinking	Perceiving alternative interpretations; determining goals; judging likelihood of success

1) Streng (*string*) er en rekkefølge av ord eller symboler gjentatt som et hele uten å endres. Vanligvis består strengene av ord som vers i et dikt, ordtak eller multiplikasjonstabellen, men kan også være noter til musikk. Det er ikke diktet og tabellen som i seg selv er strenger, men hukommelsen av dem. Strenger blir lært som en helhet ved repetisjon. De pugges eller huskes ved stadige gjentakelser. De kan bli utvidet ved å lære mer – det som vanligvis skjer når et langt dikt skal læres utenat. Strenger er enheter. Det hele huskes ved trigging av de første delene. Siden strenger læres utenat ved gjentatte repetisjoner, kan de være fullstendig meningsløse for de som kan dem, men trenger ikke være det. De fleste som har hatt litt kjemi på skolen vil trigges av H₂ til å huske H₂O. Formelen for vann pleier å sitte når andre er glemte. Og fra det periodiske system husker vi de ti første grunnstoffene slik: **’Hi Hello Little Beryl Brown Chewing Nuts – On Friday N(e)on!’**. Når White (1988a:24) tilføyer: ‘There is, however, less emphasis on the learning of strings now than in the times when the ability to

trot out Latin and Greek tags was the mark of an educated man', trigger dette meg til å huske matematikk-bevisenes: 'Quod erat demonstrandum!'.

2) Proposisjoner (*propositions*) er beskrivelser av begrep eller av sammenhengen mellom flere begreper. Vanligvis er de uttrykt i ord. I en proposisjon finnes en indre relasjon som kan uttrykkes på forskjellige måter, altså omformes eller parafraseres. Proposisjonen er den indre relasjonen, hukommelses-elementet vi har av denne, og ikke det ytre uttrykket. Proposisjoner utgjør store deler av folks hukommelse, hukommelses-innholdet. Kort sagt – proposisjoner er det folk 'vet'. De er kunnskaper, ting folk forteller hverandre, innholdet i tekster, leksikon og aviser. Eksempler fra geofagene er: Jordskorpen er bare noen få kilometer tykk; metaller er formbare; måneformørkelser skyldes at månen beveger seg inn i skyggen av Jorda. Noen proposisjoner er 'fakta', andre er synspunkter, meninger, spekulasjoner eller hva noen 'tror': 'Jorda er en flat diskos understøttet av fire elefanter på ryggen av en kjempeskilpadde som svømmer i et endeløst hav.' Antakelser som en gang var fakta, er i historiens løp blitt forlatte myter, også innen naturvitenskapene: 'Sola, månen planeter og stjerner er festet til krystall-sfærer som revolverer rundt Jorda.' Eller nærmere oss i tid: 'Protoner og elektroner er materiens fundamentale partikler!' (White 1988:26-29). For hukommelsen sin del er det ingen forskjell på fakta, meninger eller vilkårlige antakelser – de lagres på samme måte. Men det er viktig å ta i betraktning hvordan de kan bli lært og antatt, og hvordan de endres og avvises. Forståelsen av et begrep eller av en hel disiplin må ses på som en kontinuerlig funksjon av personens kunnskaper, den er ikke dikotom og den er ikke lineær i utstrekning (White 1988:52).

3) Forestillinger eller mentale bilder (*images*) er en mental representasjon av sanseinntrykk. Mentale bilder betyr ikke bare visuelle inntrykk, de kan relateres til alle de fem sansene. Hver enkelt av oss kan mentalt forestille seg for eksempel synet av en rød trekant, følelsen av sandpapir eller silketøy under fingertuppene, lyden av en bjelle, lukten av salmiakk, smaken av salt sjøvann. Mentale bilder spiller en viktig rolle i læring av naturfagene – og er et lært hukommelses-element. Forestillinger er ofte stereotypier, som når vi skal tegne en blomst: Det blir den samme hver gang, en fellestrekk-preget tilnærming til en slags europeisk standardplante. Mange av våre forestillinger har vi lært og mange er et resultat av sosiale overføringer fra barnsben av. Det er markerte forskjeller hos forskjellige mennesker mht evne til og styrke i mentale bilder – hvilket betyr at vi også må lære på forskjellige måter. Enkelte emner kan det derfor være lettere å oppfatte og forstå for noen mennesker enn for andre. Men stor styrke i forestillingsevnen kan også være til ulempe på den måten at det skaper interferens med konsentrasjonen i daglige gjøremål og enkle handlingsfølger går i stå. For de fleste av oss vil de mentale bildene heldigvis komme strømmende på en måte som holder sinnet friskt og tanken klar (White 1988:29-31).

4) Episoder (*episodes*) er hukommelses-erindringer av en begivenhet eller hendelse man har tatt del i eller vært vitne til. Det dreier seg oftest om en enestående hendelse som skapte følelser av overraskelse, positive eller negative. Første gang noe spesielt skjer skaper det en følelse av sensasjon og det lagres i hukommelsen som noe unikt. Vi har alle store ansamlinger av slike minner av episoder og der er ofte dette folk tenker på og refererer til når de snakker om hva de husker. Når ting gjentar seg og handlingene blir rutinepreget, kalles slike generaliserte episoder for 'manuskript' eller bare 'skript' (*scripts*), et passende begrep fordi de leder atferden (*guide behaviour*). Dette er til hjelp for å takle tilsvarende episoder når de forekommer. Episoder er viktige i læringssammenheng. Fordi lærerne er eldre har de flere skript til å lede seg enn elevene, særlig for gjøremål i skolen. Mangelfull kommunikasjon kan bli en konsekvens når læreren ikke skjønner at eleven ikke har et skript

for situasjonen. Derved kan læreren komme til å feilbedømme den tiden som trengs og hjelpen som behøves for at eleven skal komme i mål (White 1988:31-33).

5) Intellektuelle ferdigheter (*intellectual skills*) er evnen til å utføre hele sett og rekkefølger av mentale oppgaver som å diskriminere, klassifisere og følge regler. Sagt på en annen måte med engelske uttrykk, kapasiteten til å '*knowing how*' til forskjell fra '*knowing that*'. White (1988:33) setter likhetstegn mellom '*knowing that*' og '*propositions*', til forskjell fra '*knowing how*' som settes lik '*intellectual skills*'.

Å kunne *diskriminere* er å være i stand til å si hvilke ting som er forskjellige og hvilke som er de samme. Fra TV-programmet for barn '*Sesam Stasjon*', husker vi det enkle eksemplet der to like figurer ble vist sammen med en tredje litt forskjellig, og spørsmålet var: 'Hvilken av disse er ikke lik de andre?' Det kan synes trivielt, men er en ferdighet som må læres, og blir tatt på alvor i førskole-opplæringen. Leker der små bokser har former som skal passe inn i huller i en større boks, gir trening i å skulle diskriminere. Å diskriminere strekker seg fra det enkle til det subtile. En vin-ekspert kan diskriminere mellom viner, der en utrenet nyter synes alt smaker likt. Geologistudentene på en ekskursjon synes alle fjellene ser like ut, mens geologilæreren kan se flere forskjellige typer. Diskriminering kan volde uventet bry i en læresituasjon. For en lærer som har denne ferdigheten, er det lett å overse de problemene elvene kan ha fordi de er utrenet i diskrimineringsferdigheten (White 1988:34-35).

Å kunne *klassifisere* er en vital ferdighet, sannsynligvis det hukommelses-element vi bruker mer enn noe annet. Alt vi ser på, hører, lukter, smaker eller rører, prøver vi å klassifisere. Vi representerer verden til oss selv i klasser og i spesifikke objekter, og selv de spesifikke objektene tenker vi på som medlemmer av klasser. Spesifikke objekter får navn og klasser gjennom proposisjoner. Det meste av klassifiseringen vi gjør skjer samtidig med persepsjonen. Vi møter en hund og klassifiseringen er øyeblikkelig. Prosessen involverer vurdering av kroppsform, hode og ører, men er nærmest ubevisst, og det ville ta tid å skrive ned hvordan vi gjenkjenner hunder.

Ikke all klassifisering skjer i persepsjonsøyeblikket. Noen ganger tar vi i bruk definisjoner, og sammenlikner objekter eller handlinger med en liste over egenskaper. Det er to forskjellige tilfeller: a) objektet lar seg klassifisere ved persepsjon, men vi er ennå ikke fortrolige med denne klassen; og b) denne klassen kan aldri persiperes. Et eksempel på det første tilfellet a) er en geolog og en lekmann ute i felt: Geologen vil raskt kunne identifisere landskapstrekk som forkastninger, horst og graben-strukturer etc, og bergarter som magmatiske, metamorfe eller sedimentære, og enda finere klassifiseringer. Mens lekmannen vil måtte sjekke de enkelte egenskaper mot en liste, vil geologen med et trenet øye se helhet og klassifisere delene nesten ubevisst. Den andre muligheten b) er at egenskapene ikke lar seg persipere, eller bare en av gangen og indirekte. En slik klassifisering der hovedkjennemerket er ikke-observerbart, er 'søskenbarn'. Det er umulig å si om en person at han/ hun er søskenbarnet til noen andre – bare ved å se.

Distinksjonen mellom disse to tilfellene av klassifikasjons-typer er grovt sett den samme som Gagné (1977) gjorde mellom konkrete og definerte begreper. Distinksjonen må ikke forveksles med den mellom konkrete og abstrakte begreper. I naturvitenskapene er det mange konkrete klassifikasjoner som må læres: magneter, krefter, konglomerater. Som innen andre høyt utviklede emneområder, kan naturvitenskapene bli delt inn i stadig finere klassifiseringer. Elevene vil lære om klassifiseringer som svinner ut i det ikke-observerbare,

eller kan skjernes bare ved nøyaktig testing, som for eksempel elektriske felt, Gruppe II metaller.

Alle tilfeller av klassifisering går ut på å gjenkjenne hvorvidt det angjeldende 'fenomen' er et medlem av den navngitte klasse, eller ikke. Når klassifiserings-ferdigheten er ervervet kan den anvendes på nye, ikke tidligere omfattede 'fenomener'.

Klassifiseringen er et kjernepunkt i kommunikasjon, der ordbruk med forskjellig innholds-betydning i klassifiserings-enhetene, gjør at folk snakker forbi hverandre, og ikke kommer til enighet. Klassifisering er en menneske-skapt inndeling av et kontinuerlig univers – så det er ikke overraskende å finne at virkelighetens verden skaper trøbbel for vårt kunstige system.

Språkbruken vår medfører at klassifiseringsgrensene blir skarpe, der de egentlig er gangske uklare. Og disse glidende grenseovergangene tillater forskjellige inkluderings-mønstre hos forskjellige mennesker. Blant forskere bør grenseoverganger ikke representerer et problem, fordi det ved forsknings-ettersyn (*peer review*) skapes en felles enighet (*consensus*). Men for de som skal lære naturfag stiller saken seg annerledes; de er ennå i den situasjonen at de må innhente informasjon og samle seg eksempler som skal bringe dem til samme felles forståelse. En elev kan høre lærerens ytringer, men innenfor rammen av sin persiperte kontekst, tolke et annet meningsinnhold enn det som var lærerens intensjon.

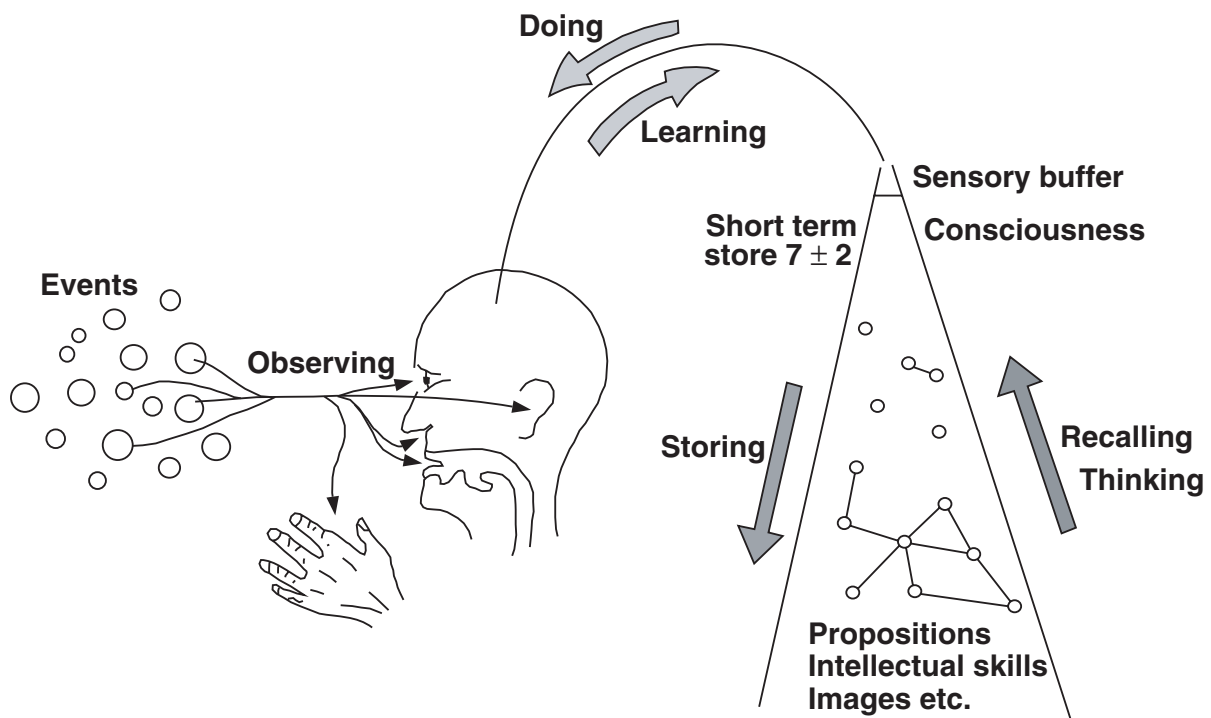
Også forskere blir påvirket av kontekst i sin bruk av ord; de er jo også samfunnsborgere, mødre, fedre, shoppere etc og må tilpasse ordbruken til sammenhengen. Problemet i en lærings-situasjon er at elevene kanskje ikke er på det rene med hvilken kontekst som er relevant. Feil i kommunikasjonen oppstår når læreren bruker et ord i en kontekst og eleven tolker den i en annen (White 1988:35-38).

Å følge *regler* er den tredje typen av intellektuelle ferdigheter. Regler danner en del av våre minner som er viktige i dagliglivets foretelser så vel som i læring av naturfag. Regler er prosedyrer, algoritmer, som kan anvendes til klasser av oppgaver. Eksempler fra realfag er å kunne legge sammen to vektorer, eller å balansere en kjemisk ligning. Regler er nøyaktige. En regel defineres presist, slik at enhver som kan den, gjentatte ganger vil være i stand til å utføre oppgaver, løse problemer, som passer for definisjonen. Ofte er det slik at når ferdigheten til å utføre én regel er blitt lært, kreves det bare en liten anstrengelse for å lære en til, av samme type. Forskning på lærings-hierarkier (Gagné 1962, Trembath & White 1979) viser at det er grunn til å forvente at enhver med visse grunnleggende erfaringer og ferdigheter kan lære regelbruk-ferdigheter. Det dreier seg om å analysere regelen til de enkelte deler og forsikre seg om at hver enkelt del kan løses etter tur (White 1988:38-39).

6) Motoriske ferdigheter (*motor skills*) er evnen til å utføre en hel rekkefølge av fysiske operasjoner, som å helle vann opp til et merke. Naturvitenskapen kunne blitt lært som en abstraksjon, men den har alltid vært en typisk menneskelig aktivitet der hånden har spilt sin rolle, så vel som hjernen og øyet. I løpet av et naturfagstudium får studentene ofte en spesialisert fysisk ferdighet som å lage tynne mikroskop-slip, bruke en pipette etc. Motoriske ferdigheter er minner om hvordan man bruker komplekse muskelbevegelser – er de en gang lært, er de anvendbare for flere parallelle oppgaver. En dramatisk forskjell på ferdigheter: Motoriske ferdigheter ser ikke ut til å bli glemt, mens intellektuelle ferdigheter kan glemmes (White 1988:39-40).

7) Kognitive strategier (*cognitive strategies*) omfatter en lang rekke ferdigheter som analysering, planlegging og vurdering. De er generelle ferdigheter, hver enkelt ofte aktivert under forskjellige aktiviteter innen læring og handling. Det kan dreie seg om refleksjon over mening i ny kunnskap, metakognisjon (*metacognition*), generalisering og utledning.

Utvikling av kognitive strategier er en kraftfull og nyttig måte å oppnå ferdigheter på (White 1988:40).



Figur 3.2. Representasjon av en informasjonsprosesserings modell på læring

(White 1988:117, figur 9.1: Representation of an information-processing model of learning).

Vi har møtt prestasjons-påvirkning modellen i figur 3.1 som presenterer en modell av de kausale relasjonene mellom begreper som er bestemmende for læring, og hukommelses-element-tabellen i tabell 3.1 der White lar syv kunnskaps-elementer representerer ulike typer kunnskaper. Disse supplerer White (1988:117, figur 9.1) med en modell som skal illustrere hva som skjer ved læring som informasjons-behandling, dvs hvordan læring kommer i stand og er interrelatert, læringens vesen.

Læringsmodellen som White presenterer i sin figur 9.1, gjenskapt i min figur 3.2, er en typisk representasjon av informasjons-behandling. Den viser eleven i rettet oppmerksomhet mot et utvalg av stimuli fra en mengde begivenheter i miljøet. Utvalgte fysiske stimuli blir overført til meningsfulle mentale former, som så blir behandlet, i større eller mindre grad, for mer eller mindre, integrering med eldre kunnskaper. Denne prosesserings-akten samsvarer med konstruksjon av mening.

Modellen er ingen presis representasjon av kompleksiteten ved læring, som er interaktiv mer enn sekvensiell, hevder White. Det som allerede er kjent vil påvirke det som velges og den overføringen som gjøres. Det som faktisk skjer ved læring er mer subtilt enn noen modell kan vise. Men en slik modell kan illustrere – ikke en algoritme, men – et bilde som gjør prosessen mindre mystisk og mer forståelig, og indikere hvordan læring kommer i stand.

Ved begynnelsen av læringssekvensen er eleven omgitt av begivenheter. Og kroppen har spesialiserte reseptorer som er sensitive til flere sorter fysiske konsekvenser av stimuli-

begivenheter, som oppfattes som fem sanser. Hver enkelt av slike stimuli må over en viss intensitets terskel før nervesystemet blir trigget og man erfarer en impuls. Men vi er ikke oppmerksomme på alle stimuli som er over disse tersklene. Det er et bemerkelsesverdig trekk hos menneskene og andre høyere dyrearter at oppmerksomheten er nettet, og mange stimuli filtreres bort fra oppmerksomheten og ignoreres.

Dessverre for læreren er det noen ganger slik at elevene retter sin oppmerksomhet mot noe annet enn det læreren hadde planlagt. Menneskenes bevissthet er slik at vi retter oppmerksomheten mot en ting av gangen. Vi er i stand til raske skifter i oppmerksomhetsretningen, noe som kan gi en illusjon av at vi kan være involvert i mer enn en situasjon, men i virkeligheten er vi ikke det. En oppmerksomhets-seleksjon er vital for læring. Seleksjonsprinsippene oppsummeres i at sannsynligheten for en begivenhets-seleksjon er en funksjon av egenskaper ved begivenheten, egenskaper hos observatøren og interaksjonen mellom disse to settene av forhold. Et viktig forhold som påvirker seleksjonen av stimuli er observatørens utvalg av tilgjengelige kognitive strategier. En observatør som har utviklet evnen til å sortere relevant fra irrelevant, vil gjøre andre seleksjoner enn en som behandler alle stimuli likeverdig. Dessuten vil seleksjonen av stimuli bli påvirket av om den tolkes som ekstraordinær, interessant eller forståelig. Dette igjen medfører konstruksjon av mening, for eksempel ved å gruppere stimuli i mønstre – og mønsterkonstruksjon må læres, men dette skjer ikke i skolen, men tidlig i livet ved å håndtere objekter og skaffe seg erfaringer.

I mange tilfeller ved læring av naturfagene er det av avgjørende betydning at eleven har evnen til rom-syn eller mønsterkonstruksjon; og eleven kan bli hjelpeløs uten denne ferdigheten. Mønstre blir lært. Alternative mønstre kan konstrueres fra samme sett av stimuli; bruk av syn og andre sanser involverer det å tillegge mening. Mønstrene vi konstruerer er gjenstand for fortolkning.

Siden vi ser begivenheter som samlinger av meningsfulle, fortolkbare enheter, er seleksjon koblet sammen med overføring, og overføring involverer langtids-minnet (LTM). Vi må altså vite om former på ting for å se dem. Vanligvis er det ikke en bevisst prosess.

Kunnskaper påvirker sanseapparatet. Lærer og elev vil derfor organisere de stimuli de mottar på forskjellig måte, og kunne motta forskjellige sansestimuli i de samme omgivelser. De kan komme til å se forskjellige sansestimuli i de samme omgivelser. De kan komme til å se forskjellige ting, fra samme ståsted, like fullt om de ser i samme retning. Studenten ser en ensartet gress-slette, mens geologen eller botanikeren ser flere, skarpt atskilte områder. Forskjellen på hva som ses av folk med og uten erfaringer og ferdigheter, kan være dramatisk. Med slående illustrasjoner fra illusjonsbilder og fra litteraturen (Thurber 1933 'My Life and Hard Times' og Thesiger 1959:51-52 'Arabian Sands') beskriver White (1988:121-127) med tydelighet at det vi vet, bestemmer hva vi kan se.

Viktig i en utdanningssituasjon er det at selv om to mennesker er i stand til å forme samme mønstre og se de samme tingene, kan de velge forskjellige deler av scenen for oppmerksomhet. Hva som velges er åvirket av kunnskaper, holdninger, ferdigheter og evner. En som har strategier for reflekterende tenkning, vil kunne plukke ut emner fra en scene som andre vil overse som betydningsløse. Seleksjonene i en situasjon ligger bak mye av kommunikasjons-vanskene i undervisning og andre sosiale situasjoner.

Etter at begivenheter (*events*) har blitt selektert og overført (*translated*), holdes de en liten stund i korttidsminne-lageret. Dette vises i figur 3.2 (Whites modell, figur 9.1 (1988:117)). Egenskapene til korttidsminnet har blitt studert inngående, men nesten bare ved manipulasjon av ytre stimuli. Men seleksjon av eksterne begivenheter er ikke den eneste kilden for hukommelses-elementer til korttidsminnet (KTM). De kan også hentes fram fra

langtidsminnet (LTM), gjennom persepsjon av en link med et element som allerede er tilstede.

Mer enn et distinkt korttidsminne-lager, er der en dybde av bevissthet. Nær overflaten av bevisstheten er tingene tilgjengelige for inspeksjon. Mens dypere ned kan tingene hentes fram bare hvis det er liner til dem som kan brukes til å trekke dem opp. Selv om modeller kommer til kort når det gjelder å representere den komplekse virkeligheten av minne og bevissthet, er begrepet KTM-lager (som kan fastholde noen få ting av gangen) nyttig i lærings-sammenheng. For KTM-lager får oss til å tenke på hva vi mener med 'ting'.

Vi sammenstiller (*chunk*) verden, dvs kombinerer våre sansede stimuli-begivenheter i et lite antall av mønstre, som for eksempel når vi husker noen få gjenkjennelige tall på vårt eget språk, eller en gruppering på et sjakkbrett. Størrelsen på og derfor antallet grupperinger som persiperes i en situasjon, er en av de store forskjellene mellom en person med kunnskaper (ekspert, lærer, voksen) og en uvitende person (begynner, elev, barn). En ekspert lever i en enklere verden enn en nybegynner fordi eksperten deler verden inn i et mindre antall meningsbærende enheter. Prinsippet er at dess mer en person lærer, dess mer integrert og samtidig mer differensiert blir verden.

Det å persipere i mindre eller større grupperinger er en fordel, men kan ha sin pris. Man ser det man venter å se, så en sjelden gang i mellom vil eksperten overse detaljer som nybegynneren stopper opp ved. Men dette kompenseres for ved den mentale kraften det gir å se ting i større og færre enheter. Elevene blir som oftest ikke lært opp i å se ting i grupper eller sammenstillinger; her er et potensial for forbedring av læring (White 1988:127-133).

Seleksjon og korttidsminne er avgjørende involvert i det ennå uforklarte fenomenet **bevissthet**. Både nye erfaringer og gamle minner går inn i KTM, som synes å være setet for mentale operasjoner på disse elementene. Kort sagt, KTM involveres i tenkning og **oppmerksomhet**.

Ubevisst kontroll er viktig for mange av våre handlinger, som når vi bestemmer oss for å gå, og gjør det, og fortsetter med å gå uten å tenke på hvordan handlingen utføres. Rask oppmerksomhets-alternering kan tenkes å være vel så viktig som ubevisst kontroll under læringsprosessen. Dette synes å være mekanismen som får oss til å holde styr på de seks-syv tingene som KTM kan mestre. Oppmerksomheten så å si skanner omgivelsene. Den evolusjonære fordelene med dette er at vi forblir sensitive til mer perifere begivenheter som kan være viktigere for overlevelse enn dem vi konsentrerer oss om. Ved å rette oppmerksomheten raskt fram og tilbake i mange retninger mellom perifere ting og det jeg konsentrerer meg om, kan jeg beholde en slags oversikt. Men dette kan sinke mine hovedgjøremål eller avspore min tenkning – jeg kunne 'miste tråden'. Selv om de ultimate mysterier om hvordan hjernen fungerer, forblir skjult, er det likevel slik at jo mer av dens operasjoner som kan bli beskrevet, jo mer brukbar er modellen som guide til praksis (White 1988:134-135).

White poengterer at *valg*, *evner* og *tid* er sentrale temaer i undervisning og læring. Læringen er både frivillig og bevisst, og som oftest iverksetter man det å lære seg noe bare når det passer med de mål man har. Men hva som betraktes som et mål eller en belønning, vil variere fra person til person. Murray (1935) skiller mellom '*viscerogeniske*' behov med biologisk opprinnelse (tørst, sult, varme) og '*psykogeniske*' behov av sosial karakter (mestring, ferdigheter, samhørighet). Læring er en sosial akt som blir gjennomført for å møte sosiale behov. Særlig to faktorer berører læring generelt og naturvitenskapene spesielt: a) den *temporære* og b) den *permanente* motivasjon for læring. Den temporære, presente faktoren kan ha med fagets status å gjøre; plutselig vil et større eller mindre antall studenter

velge teknologiske eller naturvitenskapelige fag på grunn av medieoppslag som har skapt blest om et fagområde. Den permanente, vedvarende motivasjonsfaktoren kan dreie seg om en interesse skapt i barndommen, som en ensom foreteelse, eller i en sosial sammenheng der et barn følger bestefar i fjæra og finner fossiler og vakre steiner og som student bestemmer seg for å bli geolog.

Science is a system for bringing order to our understanding of the natural world, a system which enables us to see the universe as rational and consequential without losing any of its grandeur and mystery. Whatever its current status, at all ages this characteristic allows science to meet human needs for order, control and construction. We want to understand the universe (White 1988:137).

Maslow (1970) postulerer og rangerer et hierarki av våre behov, der fysiske behov må tilfredstilles før vår oppmerksomhet og våre handlinger kan rettes mot behov som tilhørighet, respekt og selvrealisering. Vi velger våre handlinger for å fylle våre behov. Mens fysiske behov ofte må bli møtt på kort varsel og har et kort (men gjentakende) tidsperspektiv, vil høyere mentale behov som å få vite, å skaffe seg kunnskaper og å forstå, kunne tillate et mye lengre tidsperspektiv.

Folk varierer med hensyn til hvor klart formulert deres mål er, og hvor bevisste de er på dem. Noen lever i nuet, for den umiddelbare behovstilfredsstillelse, andre kan ha langsiktige planer som innebærer forsakelser i nuet, for kortere eller lengre tid. Spørsmålet om korttids- eller langtids-mål er svært relevant for læring av naturvitenskapelige fag som krever en viss innsats.

Det vil være en faktor av betydning om målene er eksterne eller interne, selvpålagte. For selvutviklede mål er belønningen gjerne en mer varig følelse av velvære, selvrespekt og meststrings-stolthet. De eksternt påførte mål, med belønning som å stå til en eksamen, ytre tegn på anerkjennelse, har ofte et kortere tidsperspektiv. Men dette er selvsagt ikke entydig.

Læringskvaliteten kan bedres dersom elevene får erfaring i å vurdere egne prestasjoner mer bevisst, oppmerksomt og realistisk; og dessuten ved å gjøre elevenes persepsjon av sin totale sammenheng mer finfølelse og understøttende. Dette kan føre til endring av læringsvaner og fremme bedre strategier (White 1988:137-140).

En annen side ved tidsperspektivet er tidsrammen omkring innlæringen. Selv individer som både kan og vil bearbeide informasjonen som gjøres tilgjengelig, kan bli forhindret i å gjøre det hvis informasjonsstrømmen kommer for raskt på. Kontemplasjon og ettertanke over meningen med et kommunikasjons-uttrykk tar tid, og tiden kan være lengre enn pausen mellom setningene.

Videre forklarer White inngående den dyp-prosessering som informasjonsbearbeidingen fra KTM over i LTM innebærer. Dette gjør han for alle de syv hukommelses-elementene, hver især. Dessverre er disse prosesserings-mekanismene enda mindre tilgjengelige for inspeksjon enn seleksjons- og overførings-mekanismene. Didaktikere har i løpet av 1970- og 1980-årene like fullt kunnet formulere noen prinsipper på grunnlag av sine studier. For den interesserte er det vel verdt å gå inn på disse i mer detalj (White 1988:135-152).

Kognitive strategier er agenter for informasjonsbehandling så vel som resultater av den, men like fullt må de læres. Det tar tid å lære strategier. Mens en proposisjon kan læres på noen sekunder og en intellektuell ferdighet kan ta noen minutter, kan det ta flere år å utvikle en effektiv kognitiv strategi. Ofte brukes merkelappen **metakognisjon** når læring av kognitive strategier studeres. Det kan dreie seg om å bestemme hensikten med læring, vurdere graden av forståelse som er oppnådd, og reflektere over relasjonen mellom et begrep og andre begreper eller begrepsområder (White 1988:153). Forskere ønsker å finne ut mer

om hvordan strategier bygges opp, hvorfor noen personer synes å tilegne seg bedre strategier enn andre, og raskere og mer effektivt. Når vi vet mer om hvordan strategier blir ervervet kan det bety en dramatisk endring av undervisningen.

Endelig er elevens **oppmerksomhetsnivå** under læringen av betydning. White (1988:153) identifiserer fem nivåer for oppmerksomhet hos eleven. i) Laveste, første nivå: eleven velger ikke denne stimuli-begivenheten for sin oppmerksomhet i det hele tatt. ii) Nest laveste, andre nivå: Ordene blir selektert og overført til meningsbærende former og kommer til korttidsminnet, men blir ikke bearbeidet videre. iii) Tredje nivå: Ordene blir gjenstand for behandling, vanligvis forestillinger, mentale bilder av begreper, uten å etablere et nettverk til andre proposisjoner og begivenheter. iv) Fjerde nivå: Eleven foretar en dypere bearbeiding der alle typer behandling i form av sammenstilling (*linking*), forklaringer og vurderinger blir utført. v) Femte, øverste nivå: I tillegg til det som skjer på fjerde nivå, er eleven i full bevisst kontroll over behandlingen, og kan utvide den eller komplettere den etter sin vitende vilje. Dette nivået involverer den kognitive strategien å avgjøre hensikten med læringen (White 1988:153-154).

I mange naturfagtimer vil aktiviteten kunne ses som en kamp mellom læreren som ønsker at eleven skal behandle læringsstoffet på fjerde nivå – og eleven som, for å spare anstrengelsen, ønsker å arbeide på et lavere nivå. White foreslår at løsningen her kan ligge i en informasjonsbehandling på femte nivå, der eleven selv tar på seg et rasjonelt ansvar for egen læring.

I dette del-kapitlet har jeg nokså inngående gått igjennom det White har funnet fram til som gode prinsipper for læring i lys av en konstruktivistisk tenkning. På en illustrerende måte får han virkelig vist og underbygget at læring er en konstruksjonsprosess – og ikke ukomplisert.

I sum kan det ses at de forskjellige tilnærmelsene til beskrivelsen av hvordan individet lærer – det individuelle, personlige og logiske vis å vis det emosjonelle og sosiologiske – ikke utelukker hverandre, men er komplementære og kompletterende (Solomon 1987b).

3.3 Konstruktivismen som undervisningsteori ?

Konstruktivisme-tradisjonen rommer mange, til dels forskjellige, læringsteorier. Dette igjen skulle man tro gir rom for ulike undervisningsmetodikker innen didaktikken. Men meningene er delte med hensyn til hvorvidt konstruktivismen som erkjennelsesteori og syn på læring gir opphav til særskilte prinsipper for undervisning. Millar (1989) diskuterer dette forholdet og hevder at teorier for læring av naturfag ikke har uomgjengelige konsekvenser for naturfagundervisning og at konstruktivismen heller ikke gir anvisning for noen bestemt undervisningsmetode.

I sin hovedfagsundersøkelse peker Torunn Nilssen Fosslund på noen slike avslørende tendenser: lærere med konstruktivistisk teorigrunnlag har undervisningsmetoder som ikke blir båret frem av dette. Men når det er sagt vedgår hun at konstruktivismen egentlig ikke krever noen radikal endring i forhold til tradisjonelle undervisningsformer. Hun argumenterer imidlertid i sin hovedoppgave for at konstruktivismen likevel har implikasjoner for læring og undervisning og lister opp 11 (4+7) sentrale punkter som undervisningsmessige konsekvenser for konstruktivismen. Lærerens oppgave er å stimulere elevene til å konstruere kunnskap: Presentasjon og forklaring av fagstoff på tavla, arbeid med oppgaver og praktiske forsøk, gruppediskusjoner og gruppearbeid. Men når man har

som utgangspunkt at eleven selv må bli i stand til å konstruere mening av stoffet som presenteres, stilles det strenge krav til *måten* disse undervisningsformene legges opp på (Nilssen 1993).

Driver og medarbeidere legger heller ikke skjul på at synspunkter på læring og undervisning og relasjonen mellom disse kan være problematisk, og at ingen enkle regler for pedagogisk praksis gir seg selv fra et konstruktivistisk syn på læring. Men hun (Driver et al 1994) ser noen viktige prinsipper for lærerrollen og argumenterer for disse.

Et tilsvarende synspunkt har også Osborne (1996) når han hevder at uttallige undervisningsmetoder ”når frem” og ”er brukbare” for elevenes tilegnelse av nye kunnskaper og ny erkjennelse. Osborne påstår at: Mens tradisjonelle lærere ikke har anerkjent behovet for å strukturere så læringen blir aktiv, vil lærere som står for konstruktivistiske undervisningsmetoder ikke ha anerkjent at det er en tid for *'telling, showing and demonstrating'*. Og han (Osborne 1996:67) vedgår den intellektuelle erkjennelse at: *'the commitment to a particular view of science says nothing about the manner in which it is taught'*.

Like fullt, i løpet av de senere år, har noen hovedretninger blant de prinsippene som er funnet i læringsteorier, utkrystallisert seg som fruktbare for undervisningen i klasserommene. Særlig to hovedretninger innen læringsteori fremstår som fundament for praksis i naturfag-undervisningen. Den første av disse, kalt de individuelle syn (*individual views*) på læring av naturfag, har sin opprinnelse i Piagets genetiske epistemologi og andre relaterte kognitive vitenskapssyn der elevens personlige læring står i sentrum. Senere, med fokus på språkets, symbolenes og kommunikasjonens betydning, ble det sosial-konstruktivistiske perspektivet og Vygotskys prinsipper (*sociocultural views*) mer fremtredende. Det fremste nå er å sette begge disse syn sammen i en syntese med læreren som guide i en faglig diskurs. Ledet av læreren utvikler elevene språklig og faglig en innkultivering i naturfaglig forståelse innenfor rammene av ”det tilrettelagte klasserom” (*the guided construction of knowledge in the classroom*).

3.3.1 Eleven i fokus

Med individets konstruksjon av kunnskap som hovedperspektiv vil læring bli sett på som en prosess der begrepenes betydning endrer seg (*conceptual change*) sammen med elevens kognitive strukturer. Enten kan et gammelt kunnskapsskjema bli erstattet av et nytt – eller eleven har flere parallelle begrepsskjemaer, der hvert enkelt passer inn i en spesiell sosial sammenheng.

For å kunne si noe om hvordan elevene vil respondere til forsøk på å undervise dem i naturfag, er det nødvendig å forstå hvilken kunnskap elevene bringer med seg til en gitt undervisningssituasjon. Detaljerte beskrivelser av elevenes før-instruksjons-kunnskap (*pre-conceptions*) i forskjellige naturfagemner har blitt utviklet, og dessuten informasjon om hvordan denne kunnskapen endres som et resultat av naturfagopplæring. Det finnes nå flere teorier om begrepsendring (*conceptual change*) i læring av naturfag som har sin opprinnelse i Piagets genetiske epistemologi. Noen av disse teoriene innen begrepsendring fokuserer på å beskrive individuelle elevers *mental structures*, mens andre uttaler seg om de mekanismene som driver endringene i individenes mentale strukturer. Denne retningen innen læringsteorier anerkjenner fullt ut den stimulansen ved den sosiale sammenhengen som finnes i formelle læringssituasjoner, men fremstiller naturfaglig læring helt fundamentalt ved begrepsendringer i de mentale strukturer hos individet (Leach & Scott 2002). Disse

synspunktene blir derfor ofte referert til som individuelle syn (*individual views*) på læring og opplæring.

Jean Piagets teorier har hatt stor betydning for en rekke skolefag, kanskje mest for naturfagene. Men få teorier blir brukt og misbrukt så mye som hans. En rekke pedagogiske opplegg sier seg å være basert på Piagets teorier, ofte med de forskjelligste pedagogiske grunntanker. I hovedsak dreier det seg om to divergerende varianter av "Piaget-pedagogikk". Den første typen er den åpne og kreative pedagogikken som har latt seg inspirere av Piagets syn på den kognitive funksjonen, der hovedvekten legges på at barnet selv konstruerer sin erkjennelse, barnet følger sin egen iboende utviklingslovmessighet, og pedagogen legger til rette situasjoner som stimulerer barnets egne konstruktive prosesser. Den andre typen, med fokus på stadieteorien, har i stor grad dominert tenkningen innenfor naturfagenes pedagogikk. Den har vært en sterkt systematisert og styrt pedagogikk der elevene arbeidet etter velstrukturerte opplegg tilpasset deres utviklingstrinn eller stadium (Sjøberg 1998:288).

Stadieteorien sier også noe om rekkefølgen av det lærestoffet som kan presenteres. En styrke er at den trekker oppmerksomheten mot de prosessene og aktivitetene som barn i ulike aldrer kan arbeide med, og gir derved støtte til en aktivitetspedagogikk der barns egen tenkning oppfattes som viktigere enn formidling av fakta. Mye av Piagets forskning hadde fokus på hvordan individet finner ut av den fysiske verden rundt seg gjennom utvikling av logiske strukturer uavhengig av faglig innhold (Sjøberg 1998:292). Men å trekke oppmerksomheten bort fra det faglige innholdet er å løsrive den logiske formen fra det konkrete innholdet. I de senere år har forskning på barns resonnering hatt fokus på kunnskapsskjemaer innenfor en ramme av naturvitenskapelig kontekst og spesifikt faglig innhold. Like fullt er mange trekk felles med Piagets perspektiv og kan lede til samsvarende perspektiver på didaktikken.

Det ble reist kritikk mot at de stadiorienterte prosjektene bare konsentrerte seg om de rent intellektuelle kravene til elevene. Den generelle psykologiske kritikken var rettet mot selve stadietegrepet, og etter hvert tvilte man på om det fantes definerte kognitive stadier som var uavhengige av både faglig innhold og sosial kontekst. Piaget selv modifiserte teoriene sine på dette punktet i sine siste år (Sjøberg 1998:292).

Fra sitt konstruktivistiske ståsted tar Ausubel (1968) utgangspunkt i faglig innhold. Ausubel og medarbeidere (1978) legger vekt på struktur i undervisningssammenheng – ikke så mye på strukturen i den "ytre" kunnskapen – men struktur både som et "indre" kognitivt anliggende (psykologisk organisering) og et "ytre", logisk anliggende (logisk organisering). Det store pedagogiske problemet blir hvordan ytre lærestoff og indre, kognitiv struktur kan møtes og relateres. Hovedkriteriet for Ausubel er det meningsfylte ankerfeste i en indre helhetsstruktur, at eleven ser større sammenhenger i det de driver med; mening er å se delene i forhold til helheten (Imsen 1998:190,191,196). Og ingen undervisningsmetode skulle derfor gi mer meningsfylt læring enn andre.

Noe av det samme perspektivet finner vi hos White (1988:160) når han understreker at læring er konstruksjon av mening ved at individet relaterer stimuli, det som er sett og hørt, til allerede kjente fenomener. Dette prinsippet skaper en tosidig rolle for læreren, der bare den ene er til stede i skoleundervisningen. Denne første delen av lærerrollen er lærerens ansvar for å legge til rette passende informasjon for eleven. Læringsbolken må arrangeres på en form som gjør den tilgjengelig og maksimerer elevens sjanse til å forstå den. Den andre delen, som er ignorert i det meste av undervisningspraksis, i følge White, er å fremme elevens ferdighet i å konstruere mening. Disse to sidene av lærerens rolle må virke sammen.

Dette belyser han i sammenheng med fokusering på utvalgte undervisningsoppgaver som: innhold, utvelging av informasjon innenfor et emne, bevissthet om språkbruk, sekvensering

og fremdrift i presentasjoner, spørsmålsstilling, bruk av laboratorium og sist men ikke minst, undervisningsstil (White 1988:160-198).

White tar elevens sosiale sammenheng med i betraktning. Men, i det han skriver her, kan det ikke ses at han hever fanen for å utnytte den diskursive muligheten for utvikling av begreper, internalisering og konsolidering som klasserommet gir.

Driver og medarbeidere har syn for den sosiale interaksjon i begrepskonstruksjonen og klasserommets muligheter. De slår fast følgende: Læring involverer en prosess som fører til erstatning av begreper – eller til nye parallelle begreper som lever side om side med de gamle og brukes i forskjellige sosiale sammenhenger. Naturfagundervisning med dette for øyet sørger for å stimulere elevene med fysiske eksperimenter som vekker en kognitiv utilfredshet. Så oppmuntres elevene til å utvikle nye begrepsskjemaer som er bedre tilpasset (*adapted*) disse erfaringene. Praktiske aktiviteter understøttet av elevenes gruppediskusjoner, utgjør kjernen i slik pedagogisk praksis. Fra et slikt personlig perspektiv blir klasserommene steder der individene er aktivt engasjert i samtaler med andre i forsøk på å forstå og tolke fenomener for seg selv. Og sosial interaksjon i gruppene søker å fremme den stimulering det ligger i forskjellige perspektiver som elevene kan reflektere over. *'The teacher's role is to provide the physical experiences and to encourage reflection. Children's meanings are listened to and respectfully questioned'* (Driver et al 1994:7). Lærerens handlinger og intervensjoner skal fremme tenkning og refleksjon hos eleven og hjelpe eleven med å underbygge egne argumenter.

Utviklingen i elevenes kognitive strukturer kommer i stand ved interaksjon mellom disse strukturene og karakteristiske trekk ved en ekstern fysisk reell verden; og der meningskonstruksjon blir stimulert gjennom samhandling med jevnaldrende medelever.

Hva som ikke er ivarettatt i tilstrekkelig grad, er elevens møte med og samvirke med symbolske realiteter – det kulturelle verktøyet i naturvitenskapene.

3.3.2 Kommunikasjon og kontekst

Mens den individuelle konstruksjon av kunnskap plasserer hovedvekten på fysiske eksperimenter, konkrete opplevelser og personlige faglige erfaringer i naturfaglig opplæring, vil et sosial-konstruktivistisk perspektiv på læring legge hovedvekten på at læring innebærer å bli introdusert til en symbolverden.

I hvilken grad et nytt begreps-skjema passer inn med et individs eksisterende erfaringer er en viktig, men ingen enerådende faktor. Sosiale faktorer er viktige for å forstå begrepsendrings-prosessene. Den måten vi ser verden på er delvis formet av de personer vi kommuniserer med. Og kommunikasjonens betydning for vår tenkning har kommet stadig sterkere frem i lyset. Læring ses ikke lenger bare som en individuell foreteelse, men enda mer som en sosial aktivitet der "mening" blir formet gjennom diskusjoner og forhandlinger (*negotiations*) mellom jevnaldrende elever og mellom elever og lærere (Edwards & Mercer 1987). Klasserom der naturfagundervisning foregår, er komplekse sosiale systemer innenfor en ramme av et bredere skolesystem. Læreren må ta i betraktning den sosiale og kulturelle innflytelsen på læringen som finnes i et skolemiljø (Driver 1988). Hva elevene lærer er avhengig av konteksten der læringen finner sted.

I de senere år har "den diskursive vendingen i psykologi" (Harré & Gillett 1994) involvert et skifte i fokus bort fra å se på menings-skaping ved kognitive prosesser i individet, til det å betrakte individer slik de fungerer i sosiale sammenhenger. Det har vært et tilsvarende skifte i fokus innen forskning rettet mot undervisning og læring av naturfag (Solomon 1994). En

annen retning innen læringsteori som det i økende grad blir trukket veksler på i naturfagdidaktikk, har sin opprinnelse i Vygotskys pedagogikk og neo-Vygotsky-psykologi. Læring og menings-konstruksjon blir her fremstilt å ha sitt utspring i sosiale samhandlinger mellom individer, eller når individer interagerer med kulturelle produkter som de får møte i bøker eller andre kilder (Leach & Scott 2002). Disse synspunktene blir derfor ofte referert til som sosiokulturelle syn (*sociocultural views*) på læring og opplæring.

Med utgangspunkt i dette perspektivet blir kunnskap og forståelse, inkludert naturvitenskapelig forståelse, konstruert når individer engasjerer seg sosialt i samtale og aktivitet om felles problemer og oppgaver. Å skape mening er derved en dialogisk prosess som involverer personer-i-konversasjon, og læring er den prosessen der individer blir introdusert til ”den nye naturfaglige kulturen” av medlemmer med større ferdigheter. De annekterer derved de kulturelle redskapene gjennom sin involvering i aktivitetene i denne kulturen. En i kulturen med mer erfaring kan veilede en med mindre erfaring ved å strukturere oppgaver, gjøre det mulig for den uerfarne å utføre dem og å internalisere prosessen, det vil si å konvertere innholdet i oppgavene til verktøy for bevisst kontroll (Driver et al 1994:7). *Scaffolding* er et uttrykk brukt i denne sammenheng. Dette betraktes og som lærling-virksomhet (*apprenticeship*) rettet inn mot vitenskapskulturen.

Dersom en elev skal få tilgang til vitenskapens kunnskapssystemer, må prosessen med personlig konstruksjon gå ut over personlig empirisk undersøkelse av fagstoffet. Elevene trenger å få tilgang til både fysiske erfaringer og til begreper og modeller innen konvensjonell vitenskapelig tenkning. Utfordringen ligger i å hjelpe elevene til å annektere disse modellene for seg selv, og å verdsette deres anvendelsesområder, og innenfor dette virkeområdet, kunne bruke dem i riktig sammenheng (Driver et al 1994:7).

Hvis undervisning er å veilede elever til konvensjonelle ideer innen naturfag, da er lærerens intervensjon helt essensiell, både for å skaffe tilveie passende erfaringsgrunnlag og å gjøre kulturens verktøy og konvensjoner tilgjengelige. Utfordringen ligger i å få en slik prosess av inn-kultivering til å lykkes innenfor rammene av det normale livet i klasserommet (Driver et al 1994:7). Spesielle utfordringer for læreren er det også når lærestoffet er i konflikt med elevenes alternative forestillinger. Den prosessen det er å sosialisere elever inn i ”nye måter å se ting på” er ikke ”strake veien” i slike tilfeller – det kan gjelde både spesielle fenomener og faget i seg selv.

3.3.3 Det tilrettelagte klasserom

Med dette uttrykket ”Det tilrettelagte klasserom” ønsker jeg å klargjøre og fokusere på det som Leach & Scott (2003) i sin artikkel *Individual and sociocultural views of learning in science education* beskriver som en syntese av individuelle og sosiokulturelle synspunkter på læring i de formelle sammenhenger som det et klasserom representerer. I denne artikkelen ser de på ’*how theories of learning can inform the practice of science teaching in formal settings*’.

Sentralt i denne tilnærmingen er hvordan læreren kan lede/ guide klasseromdiskursen for at vitenskapelige synspunkter skal bli tilgjengelige for alle elevene. Hvordan lærere konstruerer og presenterer forklaringer i klasserommet, med fokus på behovet for at lærere og elever sammen skal ” snakke liv i” (*talk into existence*) nye forklaringsmodeller, er av stor viktighet. Mercer (1995) er en viktig informant for denne modellen med sin bok *The Guided Construction of Knowledge. Talk amongst Teachers and Learners*.

Utgangspunktet er Vygotskys syn på utvikling og læring, at de høyere mentale funksjoner vokser ut fra individets sosiale liv (Vygotsky [M] 1978:128). Språket og andre semiotiske

mekanismer er redskapene for at folk skal kunne snakke om vitenskapelige ideer på det sosiale, intermentale planet. Internaliseringsprosessen (Vygotsky [C] 1987) gjør individene i stand til å bruke intramentalt de begrepsverktøy som de først møtte på det sosiale planet. Internaliseringens produkter vil variere fra individ til individ. Etter internaliseringsprosessen vil språket være verktøy for individuell tenkning. Sentralt her er kontinuiteten mellom språk og tanke. Tenkningen øves, gjennom språket, på det intermentale, sosiale planet og kan så etter bearbeiding og konsolidering anvendes intramentalt.

For ytterligere å belyse språkets spesielle betydning ved læring av naturvitenskaper er det fruktbart å se på Bakhtins språkteorier om sosiale språk og dialekter – slik språk brukes forskjellig i forskjellige deler av samfunnet. For Bakhtin (1981) er et sosialt språk en diskurs med spesielle kjennetegn knyttet til et spesielt lag av samfunnet (aldersgruppe, yrke, profesjon etc) innenfor et gitt system i et gitt tidsrom. Et sosialt språk kunne inkludere en dialekt brukt i et bestemt geografisk område, eller en bestemt form for profesjonell sjargong, eller en naturvitenskapelig samtale om fenomener i verden. Disse sosiale språkene/ dialektene representerer spesifikke verdensanskuelser hver karakterisert med egne meninger og verdier. De kan sidestilles med hverandre, gjensidig supplere hverandre og eksistere side om side i folks bevissthet (Bakhtin 1981:292).

Det vitenskapelige sosiale språket, den vitenskapelige måten å snakke og tenke, er den måten som har blitt utviklet i den vitenskapelige gruppen eller samfunnet. Det er basert på bruk av spesielle begrep som energi, masse og entropi, det involverer utvikling av modeller som gir en forenklet beskrivelse av fenomener i den naturlige verden, og det er karakterisert ved visse epistemologiske trekk slike som utvikling av teorier som kan anvendes generelt på forskjellige fenomener og situasjoner. I genereringen av et vitenskapelig språk, må denne kunnskapen i prinsippet være konsistent med empirisk evidens om den materielle verden. Naturvitere er ikke i posisjon til å skape sitt sosiale språk i isolasjon fra empiriske data (Leach & Scott 2003:8).

De forskjellige sosiale språk og samtalsjargonger som blir praktisert på det intermentale planet i klasserommet, blir et middel for å utvikle en rekke forskjellige typer av personlig tenkning – som en psykologisk verktøykasse. Å lære naturfag innebærer å internalisere de sosiale språk, sjargonger og begreper som naturfagene rommer, og bli i stand til å anvende dem på en situasjonsbetinget riktig måte. En moden forståelse av naturvitenskap demonstreres nettopp ved evnen til å velge mellom uttrykksmåter og tenkesett omkring fenomener avhengig av sammenhengen (Leach & Scott 2003:9).

Undervisningens mål blir å presentere nye måter å tenke og samtale på for elevene, og å illustrere og modellere hvordan disse ideene brukes riktig i de gjeldende situasjoner. Når naturfag skal undervises må lærerens rolle være å introdusere og understøtte bruken av ny kunnskap i klasserommets sosiale fellesskap, slik at naturvitenskapelig kunnskap blir til den felles kunnskapen (*common knowledge*) i klassen (Edwards & Mercer 1987).

Den enkelte elev må skape mening ut av samtalen som omgir dem, og relatere det som sies til deres egne eksisterende ideer og tenkning. Elevene må reorganisere og rekonstruere ordene og aktivitetene som foregår på det sosiale planet. Vygotskys teori bringer sammen sosiale og individuelle synspunkter, og har felles plattform med konstruktivistiske synspunkter ved å anerkjenne at eleven ikke kan være en passiv mottaker av mening – men må aktivt skape mening selv (Leach & Scott 2003:10).

Elevens læringsoppgave blir å komme til en forståelse av de naturfaglige ideene, og å internalisere (en versjon av) dem for sitt eget personlige behov og egen bruk. Elevene nærmer seg denne oppgaven – å skape mening av ideer presentert på de sosiale plan – med

sin hverdagskunnskap om verden som den viktigste intellektuelle ressurs de har å trekke veksler på (Leach & Scott 2003:11).

Læringsoppgavene for eleven kan innebære:

- (1) å bruke begreper som er forskjellige fra de som brukes i hverdagsforklaringer (ny, presis fagterminologi)
- (2) å forklare fenomener ut i fra en ny og annerledes ontologi (vesens-forståelse) (luft er "noe" til forskjell fra "ingenting")
- (3) å anerkjenne at viktige trekk ved vitenskapelige forklaringer inkluderer generaliserbarhet og empirisk konsistens.

For å kunne forstå det vitenskapelige prinsippet må eleven her oppfatte de betydelige forskjellene mellom vitenskapelige måter å vite noe på og deres egne (fundamentale) personlige antagelser om fenomener i verden. Dette, som et klart mål for undervisningen, er ikke innlysende uten en sammenlikning mellom elevenes talemåter og hverdagsbegreper og de naturfaglige ideene som skal undervises. Det er nødvendig for undervisningen å fokusere på vitenskapelige måter å tenke på og omtale fenomener – i like stor grad som fokus på fenomenene i seg selv.

Dette synet på naturfaglæring som Leach & Scott (2003) utvikler her, bringer sammen og bygger bro mellom de sosial-interaktive og de personlig-mening-skapende delene av læringsprosessen. Og de identifiserer språk og tale som hovedvirkemidlet på både det intermentale (sosiale) og det intramentale (personlige) plan. Sosio-kulturelle tilnærminger brukes til å redegjøre for at læring innebærer å utvikle et nytt sosialt språk, og i å identifisere epistemologiske forskjeller mellom sosiale språk. Individuelle tilnærminger brukes til å avklare læringsoppgavens vesen der elevene må utvikle sine egne personlige tolkninger av vitenskapens sosiale språk.

Å introdusere elevene til nye vitenskapelige begreper er en subtil prosess som befordres gjennom kommunikasjon og samtaler mellom lærer og elev, og som tydelig er rettet mot aspekter ved læringskravene. Klasseromsdiskursen er ledet av læreren ved forskjellige typer av pedagogiske intervensjoner (Leach & Scott 2003:13).

Ved forskjellige anledninger, etter tur, rettes lærerens handlinger mot det å:

- (1) utvikle viktige ideer relatert til de begrepene som blir introdusert;
- (2) presentere viktige poeng relatert til epistemologiske kjennetegn for den nye måten å tenke på;
- (3) fremme felles oppfatninger blant alle elevene i klassen, og å gjøre nøkkel-ideer tilgjengelige for alle;
- (4) undersøke elevens forståelse (*probing understanding*) av det nylig presenterte begrepet.

Disse forskjellige typene av lærer-intervensjon og pågående interaksjoner mellom lærer og elever vil i sum utgjøre en undervisnings- og lærings-oppvisning (*performance*) på klasserommets sosiale plan der utviklingen av kyndighet står i sentrum.

Det er blitt referert til det å lære naturfag som ”lære å snakke på nye måter” og naturfagleksjoner som ”opplæring til ny konversasjon”. Naturfaglærerens jobb blir ”å overbevise elevene om verdien av og fornøyelsen i disse nye måtene” (Sutton 1996:147).

Denne forestillingen om at læring innebærer overbevisning, tror Leach og Scott (2003:13), er en nyttig ide. Læreren introduserer en ny måte å tenke om verden på, når vitenskapelige synspunkter blir presentert. Hvis denne nye tenkemåten er svært forskjellig fra hverdagsbegreper – da er det faktisk ganske nødvendig at læreren overbeviser elevene om troverdigheten og nytten av denne nye vitenskapelige betraktningssmåten. Læreren er her en nøkkelfigur i rollen som *the vicar of the culture* (Bruner 1985:32) i presentasjon av naturfaglige synspunkter ved gjennomgående og utarbeidede interaksjoner og handlingsledelse i klasserommet.

Leach og Scott (2003:14) argumenterer for at i fremtidige didaktiske studier bør fokus flyttes fra isolerte instruksjonsaktiviteter for å fremme begrepsendring til å se på slike aktiviteter som en del av den kritisk betydningsfulle kontekst i en pågående diskursflyt mellom lærer og elever.

Og de konkluderer med at de ikke benekter viktigheten av forskjellige grunnleggende aktiviteter for å underbygge læringen. Men de tror at læringseffekten kan bli bedre forstått hvis disse aktivitetene ses i sammenheng med den tale og samtale som omgir lærerne og elevene.

Det vil nå være på sin plass å se på noen av de skriftlige aktivitetene som elevene kan utføre for at forskere eller lærere kan studere deres kognitive strukturer og læringsvansker. Fra tidlig på 1980-tallet ble det benyttet forskjellige forskningsmetoder av forskerne som i neste omgang lærerne fant hensiktsmessige som aktuelle teknikker i sine undervisningsopplegg. En oversikt over slike aktuelle forsknings- eller studieteknikker er gitt i Sutton (1980a), Novak (1985) og White og Tischer (1986).

På grunn av skriftlige elevarbeiders store viktighet, gis det nedenfor summariske eksempler (1-6) på tester eller teknikker som er benyttet der responsen er skriftlig.

1. Ved ordassosiasjoner presenteres et antall (5-10) ord eller setninger som stimuli for eleven som så skriver ned sine spontane assosiasjoner til hver stimulus. Ut fra svarene regnes det ut koeffisienter som antyder hvor sterkt ulike begreper er knyttet til hverandre i elevens kognitive struktur.
2. Forutsigelse-observasjon-forklaring av et fenomen er blant annet benyttet i EKNA-prosjektet. Eleven forutsier hva som vil skje under forsøket, for eksempel når stålull brenner; så gjøres forsøket og eleven blir bedt om forklaring. Rapporteringen er skriftlig.
3. Med Venn-diagrammer kan eleven vise hvordan han/ hun forbinder ulike begreper med hverandre eller skille dem fra hverandre.
4. Ved intervju om begrep blir elever vist en rekke kort der kritiske og variable egenskaper for begreper etter tur blir skiftet ut, og så må elev oppgi om kortet beskriver begrepet.
5. Begrepskart kan vise hvordan elever har oppfattet strukturen i et fagemne. Bokser med ulike begrep inntegnet flyttes på en plate for å passe best mulig sammen. Den endelige plasseringen av boksene avtegnes, og forbindelseslinjer mellom dem trekkes og beskrives av elevene.

6. Diagnostiske tester bygges opp rundt flervalgsoppgaver med for eksempel hverdagsforestillinger og misoppfatninger bakt inn i distraktorene. Hver oppgave er todelt: 1) Et spørsmål med et par svaralternativ og 2) en forklaring på svaret med et par svaralternativ. Elevers ideer og forestillinger i naturfaglige emner er for eksempel studert med slike tester.

Veldig mange forskjellige forskernavn står nevnt som konstruktører og/ eller brukere av disse testene der de står nevnt i avhandlingen til Ringnes (1993:44-45). En viktig grunn til å ta med disse metodene her er at i neste omgang ble de bearbeidet til bruk for lærere i undervisningen i kapittel 5: *Understanding* i den tidligere presenterte boka til White (1988): *Learning Science*. Så kom White og Gunstone (1992) med en videre utviklet og utdypet versjon av dette kapittelet igjen i en bok kalt *Probing Understanding*.

White og Gunstone (1992) diskuterer validitet og reliabilitet i et avsluttende delkapittel og har en artig kommentar om når det kan være grunn til å ikke skatte test-retest reliabilitet så høyt:

Since a key purpose of this book is to propagate practices that cause students to rethink, to make new links, to ask questions – in short, to learn – we value test-retest reliability less than other forms of reliability. Indeed, low test-retest reliability may be welcomed if it results from the intellectual demand of the assessment stimulating deeper learning (White & Gunstone 1992:183).

Og de fortsetter med en utfordring til lærere og elever:

Time spent in school should be productive. There is no reason why it should not be enjoyable as well. As things stand, students and teachers rarely rate tests as fun, perhaps because they are so limited and predictable. A greater variety of probes of understanding makes testing more interesting as well as more useful (White & Gunstone 1992:184).

Utover på 1990-tallet ser det ut til at konstruktivismen er etablert som erkjennelsesteoretisk fundament for naturfagdidaktikken. Et konstruktivistisk syn på læring har også de fleste kunnet enes om. Men det er ikke enighet om noen bestemt strategi for undervisning i naturfagene (Ringnes 1993:45).

Som en oppsummering til slutt i dette kapittelet (3), konstaterer vi at konstruktivismetradisjonen rommer mange, til dels nokså forskjellige læringsteorier. Det har vært ulike tolkninger av hva som er konstruktivistiske prinsipper – og hva som skulle være de undervisningsmessige konsekvenser. Men midt i denne altomfattende favnen av tolkninger, har konstruktivismen hatt stor betydning og blitt en bredt akseptert teori innenfor det naturfagdidaktiske forskningsfeltet. Denne åpenheten for integrering av ulike synspunkter er kanskje en medvirkende årsak til at konstruktivismen har hatt en slik suksess.

Konstruktivismen har ført til økende innsikt i elevers ideer og begreper. Men når det gjelder undervisningsmessige konsekvenser er de ikke klare eller entydige:

Research knowledge about students' learning difficulties and alternative paths to science knowledge has in fact increased substantially. But the success of the newly developed materials and strategies is still limited. Students' progress in learning science is much less than the progress researchers have made. I think this leads to the conclusion that learning science (especially learning abstract concepts like energy, force, or natural selections) is difficult and will remain difficult in the future despite all attempts to improve teaching and learning. (...) A constructivist approach will not make science teaching and learning easier. On the contrary, it is definitely more demanding for teachers, students, and researchers (Duit 1995:285).

Et syn på læring, enn si et konstruktivistisk læringssyn, leder ikke av egen kraft til et syn på hva slags undervisning som egner seg best på skolen og i klasserommet. Det går ikke en entydig linje fra en betoning av elevens selvstendige konstruksjon av sin egen forståelse til "elevsentrerte" arbeidsformer. Aktivt læringsarbeid skjer i hjernen, og hjerneaktiviteten er ikke avhengig av en bestemt arbeidsform. Det avgjørende er om læringsarbeidet forløser denne aktiviteten. Den formelle undervisningsformen er langt på vei irrelevant i forhold til læring. Men med årvåkenhet overfor elevenes oppmerksomhet og reaksjoner, og kjennskap til hva elevene kan fra før og til deres hverdagsforestillinger, kan en god formidler klare å fremme god læringsaktivitet hos sine tilhørere og en god veileder legge til rette for at et selvstendig prosjektarbeid fremmer god læring (Grønmo mfl 2004:87; Kjærnsli mfl 2004:255).

4. Forskning på mentale modeller

I dette kapittelet vil jeg belyse noe av den forskning som har vært gjort for å se på hvilke prosesser som foregår når et barn endrer sin forståelse fra hverdagsforestillinger til vitenskapelige forestillinger. Prosessene har av forskerne blitt oppfattet som begrepsendrings-prosesser som fører til endrede mentale modeller – helt nye, eller noe nytt og noe gammelt. Hvordan skjer dette? Hvilke undersøkelser har vært gjort med utgangspunkt i spørsmål innen geofag? Hvilke funn har blitt gjort.

4.1 Realfagdidaktisk forskning på emner

Gjennom de siste hundre år har det vært gjennomført noen undersøkelser rundt om i verden for å kartlegge skolebarns forståelse innen noen geofaglige og astronomiske spørsmål. Det startet i USA med G. Stanley i 1883 og fortsatte i Europa med J. Piaget "La représentation du monde chez l'enfant" fra 1926 "La causalité physique chez l'enfant" fra 1927. En kronologisk oversikt over forskning på barns forestillinger om vær og klima er grundig gjennomgått i doktor-avhandlingen til Pål J. Kirkeby Hansen (1996). Der omtales også den norske delen av den internasjonale undersøkelsen *The second International Science Study* (SISS) med Svein Sjøberg (1986a) som prosjektansvarlig. Oppgaver om luft, fordampning, dogg, skyer og nedbør er referert i Hansens avhandling. Hansen (1989 og 1990a) har også referert resultatene fra relevante enkeltspørsmål om skyer, dogg, vind og drivhuseffekten fra egen undersøkelse der han har sett på i hvilken grad elevene i 9. klasse er i stand til å nyttegjøre seg informasjonen i værvarslene i TV, radio og aviser. Interesserte lesere henvises til Hansens (1996) avhandling for en oppsummerende orientering om disse emnene.

I et delavsnitt under overskriften "Progress in science education" i artikkelen "Goals, methods and achievements of research in science education" av Gunstone og White (2000) får vi en oversiktlig sammenfatning av utviklingen i realfagdidaktisk forskning på emner gjennom de senere ti-årene. Litt av dette presenteres før jeg refererer noen enkelte relevante forskere.

White (1997, 2001) har analysert endringer i forsknings-stil i årene 1965-1995 og funnet ut at den har vært stor. Tidlig i denne perioden var det en intervensjons-stil der forskerne arrangerte en eksperimentell form for undervisning, ofte i oppstilte sammenhenger. Senere ble det en mer deskriptiv stil der forskeren observerte over lange tidsperioder i aktive klasserom. Her bygget man på kvalitative data og verbale rapporter fra lærere og elever mer så enn gjennomsnitts test-skårer. Det var en bevegelse bort fra rapportering av sofistikert inferens-statistikk til enklere deskriptiv statistikk eller ingen statistikk i det hele tatt.

Den store endringen i forsknings-stil som White kaller en revolusjon, var en konsekvens av tre oppdagelser. Den første var at årsaks-sammenhenger måtte belyses. Der forskere tidligere hadde vært tilfreds med å beskrive hvordan en bestemt undervisningsmetode gav et visst resultat uten å fordype seg i hvorfor dette hendte, ble senere forskere opptatt av hvordan dette foregikk. Slik startet en undersøkelse av læreres og elevers erkjennelse og ideer omkring undervisning og læring av naturkunnskap.

Den andre oppdagelsen var behovet for å framskaffe prinsipper som var relevante for undervisningspraksis. Lærere lot seg ikke imponere av studier i psykologiske laboratorier.

De visste at klasserom var komplekse steder der endring tok tid og pålitelige resultater lot vente på seg. Forskernes anerkjennelse av lærernes perspektiver førte til en økologisk validitet i studiene, dvs klasserommet ble sett på som en gjensidig påvirkende organisme, et samfunn. Lærerne opphørte å være forsknings-objekter, og gikk over til å være forsknings-partnere og senere hovedpersoner i forskningen. Noe som etter hvert kan komme til å skje med elevene!

Den tredje oppdagelsen var viktigheten av innholdet. Og her var det især forskning på "alternative forestillinger" som banet vei. Elevenes "før-forestillinger" påvirket hva de fikk ut av instruksjonen, hva de lærte. Og ideer er innholds-spesifikke: innhold ble en viktig variabel.

Antallet studier som refererte til et bestemt naturfagemne økte betydelig mellom 1965 og 1995; og Rosalind Drivers doktoravhandling (1973) og senere artikler og bøker regnes som nøkkelfaktorer i denne sammenhengen (Gunstone & White 2000:296-297). Et første viktig prinsipp som kom ut av hennes forskning var at: "Før-forestillinger" formet av tidlig erfaring kunne hindre forståelse. Et annet viktig prinsipp som dukket frem fra studiene av "alternative forestillinger" var at: Begrepet/ emnet som skal læres er en viktig variabel i undervisning av begrepet/ emnet.

Forskning på "alternative forestillinger" illustrerer en progresjon i stil, på den måten at den *første fasen* gikk ut på å avdekke forestillinger og ideer i emne etter emne av de forskjellige naturfagene. Og på et tidlig stadium (1965-1985) var det lite teori som lå til grunn for studiene. Så kom *neste fase* med en rekke replikasjoner der resultatene fra de første undersøkelsene ble bekreftet i land etter land, i varierende skolesystem. Et unntak var emne-områder som var rike på sosiale/ kulturelle forklarings-modeller av lokal karakter som for eksempel sykdom og helse. Der kunne kulturforskjeller gi variasjoner. Men dette viste jo at "alternative forestillinger" ikke var resultat av tilfeldig, dårlig undervisning, men vokste frem av felles erfaring og felles tolkning av disse erfaringene, og bekreftet et tredje prinsipp om at: Barn konstruerer sine egne meninger ut fra hva der erfarer.

Den *tredje fasen* begynte med at optimistiske forskere trodde de raskt ville finne effektive undervisningsmetoder som ville fjerne elevenes misforståelser og erstatte dem med korrekte vitenskapelige forklaringer. De mest lovende metodene syntes å være en kombinasjon av demonstrasjoner eller direkte eksperimenter og erfaringer sammen med diskusjoner. Men overraskelsen var stor over at alternative forestillinger stadig dukket opp igjen. Det kunne se ut til at før-forestillingene levde videre sammen med de vitenskapelige forestillingene, så elevens oppgave ble å lære når det var på sin plass å anvende den ene og når den andre av sine ideer. For før-forestillingene fungerer jo i det daglige liv (Gunstone & White 2000:298).

I den *fjerde fasen* i studiet av alternative forestillinger er man selvsagt opptatt av hvordan de oppstod i første omgang. Og det er innlysende at de må ha kommet gjennom erfaring. Interaksjon og behandling av objekter sammen med "sunn fornuft"-tolkninger leder til Aristoteliske forestillinger. Teorier om forming av forestillinger vil naturlig nok vektlegge erfaring. Det er imidlertid et viktig tema som splitter våre dagers teoretikere. Dette dreier seg om hvorvidt barns ideer og syn på naturlige, naturbetingede fenomener er helhetlige (*coherent*) alternativer til forskernes forklaringer (Gunstone & White 2000:299). Og her er meningene delte.

En teori om forestillinger som inkluderer begrepene naive eller intuitive teorier må illustrere overgangen fra slike antagelser til vitenskapelige forklaringer, og det gjøres på forskjellige måter. For Carey (1985) har dette skiftet paralleller med Kuhns (1962) forestillinger om paradigmeskifter i vitenskapelige teorier. Akkurat som naturvitere akkumulerer kunnskaper

innen det rådende paradigmet, til tross for en økende følelse av manglende samsvar, til det oppstår en dyptgripende revisjon for å løse følelsen av inkohærens (slik som fra klassisk fysikk til kvantemekanikk), slik vil også barn erverve kunnskap – til de avviser et verdensbilde til fordel for et annet (Gunstone & White 2000:299).

Carey (1985) skjelner mellom svak og sterk omstrukturering. Svak omstrukturering betyr å se nye relasjoner mellom begreper uten dyptgripende endringer i selve begrepene. I en sterk omstrukturering vil eleven akseptere et syn som er forskjellig fra det opprinnelige i det området av fenomener det dreier seg om, typen av forklaringer som er akseptable, og i dens sentrale begreps-apparat. Careys (1985) distinksjon mellom svak og sterk omstrukturering samsvarer med Piagets bruk av begrepene assimilasjon og akkomodasjon, Ausubels (1968) bruk av '*subsumption and integrative reconciliation*', og Whites (1994b) bruk av '*conceptual and conceptional change*'. Stella Vosniadou (1994, 2001) refererer til sine empiriske studier med teoretiske byggverk omkring naive rammeverk-teorier og konstruksjon av syntetiske modeller og hevder at barn har koherente alternativer til naturviternes forklaringer (Gunstone & White 2000:299).

For diSessa (1983) er det imidlertid slik at barn ikke kombinerer sine grunnleggende forestillinger inn i koherente teorier, men at deres kunnskaper forblir uforbundet, stykkevis og delt. Når et syn på verden etter hvert erstatter et annet, skjer dette ved en gradvis ervervelse av kunnskap som bygger opp vitenskapelige prinsipper. Og det unge mennesket gir kanskje aldri helt slipp på de "fenomenologiske primitive" ideer dannet tidlig i livet.

En annen tenkning omkring det unge menneskets ideer og som representerer en utvidelse av det konstruktivistiske perspektivet, får vi hvis vi også trekker inn elevenes verdensanskuelse eller verdensbilde (Holton 1992, Cobern 1996). Naturvitenskapen kan sees på som bærer av visse kulturelle trekk. I dette ligger det at naturvitenskapen, og derfor også naturfaget i skolen, bærer med seg visse verdier, konvensjonelle handlinger og normer. Begrepet ideologi brukes også ofte i denne sammenhengen (Knain 1999). Dette utvidede perspektivet har av enkelte blitt kalt kulturell konstruktivisme, og Aikenhead (1996) introduserer det han kaller et kulturelt perspektiv i naturfagdidaktikken (Turmo 2003:30).

Cobern (1996) hevder at i sin mest ekstreme form innebærer tradisjonelle modeller for konseptuell endring en stereotyp tilnærming til naturvitenskapelig eksperimentering. Men et problem er at elever ikke endrer sine forestillinger selv om de blir konfrontert med en kognitiv konflikt, og at dette beror på at de nye begrepene som introduseres ikke føles relevante for eleven: *they hold no force and little scope for most students*. Problemet er fundamentalt: Eleven blir bedt om å bryte med hverdagsforestillinger som har fungert tilfredsstillende i flere sammenhenger og erstatte disse med nye og fremmede, og vanskelig tilgjengelige, begreper. Da hjelper det lite å introdusere begreper som ikke er meningsfulle for eleven, dvs passer inn i elevens fundamentale forståelse av hvordan verden er, med andre ord elevens verdensbilde (Turmo 2003:31).

Her vil jeg nå trekke frem noen enkelte forskningsresultater som dreier seg om barns forestillinger når det gjelder noen grunnleggende ideer innen astronomi, geologi og geofysikk, og den prosessen som har foregått under begrepsendringen, de mentale modellene som fremkommer og forskernes tolkning av disse.

4.2 Evolusjon fra hverdagsideer til vitenskapelige ideer

Et viktig eksempel på en undersøkelse med utgangspunkt i elevenes artikulering av egen forståelse er Joseph Nussbaums (1985) prosjekt "*The Earth as a Cosmic Body*" der han

illustrerer en kognitiv tilnærming til begrepsanalytiske problemstillinger. Deler av rapporten blir referert her fordi den belyser overgangen fra hverdagsforestillinger til vitenskapelige forestillinger på en frapperende måte, og innenfor et felt av grunnleggende naturfaglig interesse og relevant for de problemstillingene vi er opptatt av her.

4.2.1 *The Earth as a Cosmic body*

“Hva er de viktigste ideene som utgjør begrepet om Jorden?” er et spørsmål som har fått naturfaglærere til å foreslå en liste av hovedideer som for eksempel denne:

1. Jorden er rund
2. Jorden roterer om sin egen akse så det blir dag og natt
3. Jorden hører til i vårt solsystem – den går i bane rundt sola
4. Jorden er diger, diameteren er ca 13000 km
5. Jordens akse er skråstilt og dette forårsaker de forskjellige årstidene
6. Jorden har en varm, smeltet kjerne og en kald og fast ytre skorpe
7. Jordoverflaten er for størstedelen, ca tre fjerdedeler, dekket av hav
8. Jorden utøver en gravitativ tiltrekning som får objekter til å falle

En slik liste er et eksempel på en ”tingenes-vesen-tilnærming” (*subject matter approach*) til en begreps-analytisk oppgave (i motsetning til en ”kognitiv tilnærming”). I tingenes-vesen-tilnærmingen anses oppgaven å bestå av å skulle ekstrahere viktige, relevante ideer fra naturfagtekstbøker som representerer fagets modne tilstand eller status. Faren med denne tilnærmingen er at den fokuserer oppmerksomheten mot avanserte aspekter av begrepet mens identifiseringen og karakteriseringen av selve essensen av begrepet blir neglisjert eller tatt for gitt. Og derved er det en tilbøyelighet til at denne essensen blir ufullstendig fremstilt og behandlet i instruksjonen.

Selv om de fleste av ideene presentert ovenfor er helt relevante og viktige, er de mye mer avanserte enn de få ideene som sammen danner basis for begrepet ”Jorden”, for eksempel den Jorden vi bor på er en sfære omgitt av et ubegrenset rom, universet. Denne grunnleggende ideen er ikke selvinnsynende, særlig ikke for de yngre av barna (Nussbaum 1985:170).

En alternativ tilnærming til begreps-analyse er ”en kognitiv tilnærming” som fokuserer på de kognitive krav og utfordringer som læring av begrepet presenterer. En av de metodene som er nyttig i en slik kognitiv tilnærming til begreps-analyse er å speile et begrep med sin antitese og karakterisere de antitetiske aspektene til begrepet. Denne metoden kan være til hjelp for å unngå at ideer skal synes selvinnsynende på en villedende måte. Med hensyn til Jorden-begrepet stilles spørsmålet da: ”Hva er de essensielle forestillingene som utgjør det *mest primitive* begrepet om Jorden?”

Av de primitive ideene, hverdagsforestillingene, er den første: - ”Jorden er *flat* og strekker seg *uendelig* ut til alle sider og nedover”. En slik forsikring om at Jorden er flat vil samtidig medføre en overbevisning om himmelens og rommets – universets – vesen. De som har en forestilling om en uendelig flat Jord tror også at himmelen ligger horisontalt og parallelt over

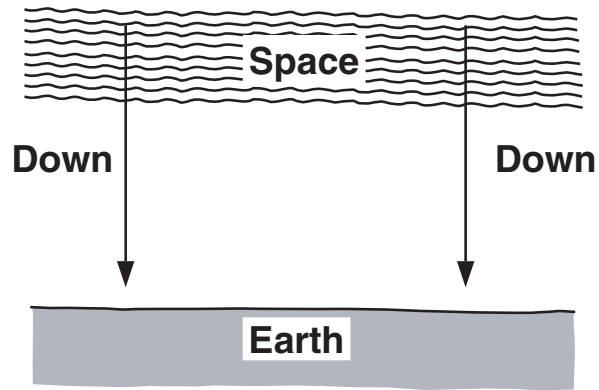


Figure 1: *The three essential ideas which form the most primitive conception of the Earth.*

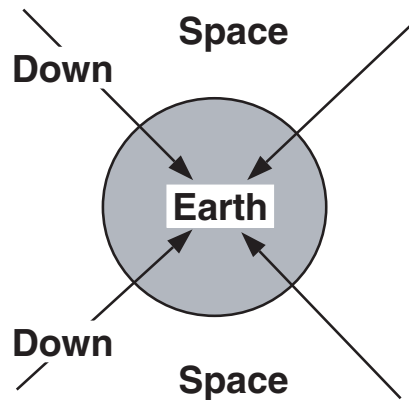


Figure 2: *The three essential ideas of the scientific conception of the Earth.*

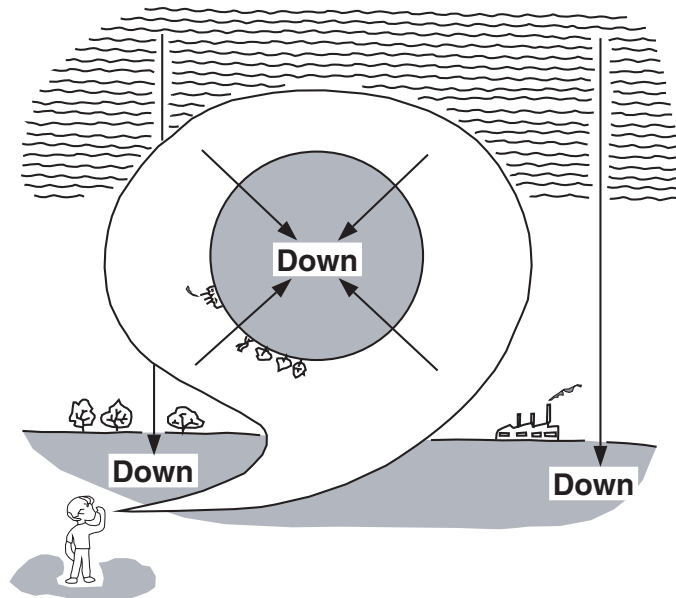


Figure 3: *The cognitive demand in conceptualizing the Earth as a cosmic body – overcoming an egocentric frame of reference.*

FIGUR 4.1-4.2-4.3, Nussbaum (1985: 171-172-173)

jordoverflaten (slik den framkommer på barnetegninger av Jorden og himmelen). Hvis de snakker om rommet, hevder de at det er avgrenset mot bunnen, der hvor den uendelig flate Jorden er (og utelukker heller ikke mulige avgrensninger andre steder). Det er derfor viktig å merke seg at 1) Jordens flatthet og 2) den horisontale egenskapen til himmelen og den avgrensede funksjonen som Jorden har i forhold til universet – er to ideer som er gjensidig implisert og gjensidig avhengige. En tredje ide som er vesentlig i denne primitive forestillingen er at 3) retningen for fallende objekter på forskjellige steder på Jorden, danner parallelle linjer (som en slags absolutt opp-ned retning). Fall-linjene er vertikale, perpendikulære, på den flate Jordens overflate. Disse tre essensielle ideene danner til sammen en enhetlig, skjønt primitiv, forestilling om Jorden. Dette vises i figur 4.1 (Nussbaum 1985:171, figur 1).

Overføringen fra den mest primitive forestillingen om Jorden til den vitenskapelige krever en simultan endring i hver av disse tre ideene. Når barnet forandrer sin ide om *formen* på Jorden, fra en flat modell til en *sfærisk*, vil ideer om himmelen og rommet forandres samtidig. Himmelen opphører å være horisontal, og ”bunnen faller ut” av rommet – rommet mister altså bunnen og blir spredd jevnt ut i alle retninger. Den flate Jorden som har tjent som den uendelige faste grunnen som har avgrenset rommet mot bunnen, forandrer seg ved ”krumming” og ”krymping” og blir til et avgrenset sfærisk legeme omgitt av et uendelig rom.

Overgangen fra å tro at det kosmiske rom har en fast bunn (Jorden) til å tro på et fullstendig åpent rom som er jevnt spredd utover i alle retninger, er et betydelig kognitivt sprang som er enda større enn overgangen fra en flat modell til en sfærisk en, for Jorden. Når barnet aksepterer en sfærisk modell av Jorden, vil ”fall-retningene” (retningen for Jordens gravitasjonsfelt) bli radiale retninger, opp-ned linjer på forskjellige lokaliteter på Jorden blir ikke lenger parallelle, se figur 4.2 (Nussbaum 1985:172, figur 2).

Ideen om at opp-ned retninger ikke er absolutte og peker mot bunnen av rommet, men er bestemt ved Jordens sentrum som referanse-ramme, er sentral for den vitenskapelige ideen. På dette punktet vil løsningen av problemet om hva som får alle ting til å falle mot Jordens sentrum, ikke være avgjørende for forestillingen om Jorden som et kosmisk legeme, for man kan tro som Aristoteles at:

... in fact, the true explanation of this motion [falling of objects] is that all heavy things have a natural tendency to move towards the centre of the Earth
(Toulmin, S.E. & Goodfield, J. (1967) in Nussbaum (1985:172).

På den annen side kan man slutte seg til forklaringen til Newton om at Jorden og andre objekter gjensidig utøver en gravitasjonskraft på hverandre som resulterer i det vi oppfatter slik at objekter faller mot Jordens sentrum. Begge forklaringer vil fylle de kravene som stilles ved en forestilling om Jorden basert på de tre ovennevnte ideene (Nussbaum 1985:172).

4.2.2 Kognitive vanskeligheter ved ny internalisering

Hvilke kognitive vanskeligheter står elevene overfor når de skal avskrive sine primitive forestillinger om Jorden til fordel for de vitenskapelige forestillingene?

Den mest grunnleggende vanskeligheten involverer sannsynligvis et generelt fenomen hos barn: deres sterke tendens til å tolke realitetene slik de blir oppfattet i deres eget perspektiv, med seg selv som sentral referanseramme. Den eneste måten folk kan forestille seg Jorden vi lever på som en stor kule i universet, er å visualisere hvordan deres umiddelbare omgivelser

ville se ut fra det ytre rom. De må altså overkomme hva deres umiddelbare persepsjon sier dem angående de tre essensielle begrepene om Jorden: 1) den flate Jorden, 2) den horisontale himmel og bunnen av rommet/ universet, og 3) absolutte og parallelle opp-ned retninger. Figur 4.3 (Nussbaums (1985:173, figur 3) illustrerer denne vanskeligheten.

Den mentale operasjonen som er involvert i prosessen med å utvikle det vitenskapelige begrepet om Jorden, er ifølge Piagets teori: Å forestille seg virkeligheten slik den kan bli sett fra forskjellige perspektiver, dvs overkomme det ego-sentriske synet på tilværelsen. En indikasjon på at eleven har meningsfylt ervervet den vitenskapelige Jorden-modellen vil altså være evnen til å operere kognitivt på denne Jorden-modellen uten noen tegn på interferens med ego-sentrisk tenkning (Nussbaum 1985:173).

4.2.3 Barns forestillinger om Jorden

Videre beskriver Nussbaum (1985) den intervjuprosedyren som ble utviklet med det mål for øyet å avsløre barnets versjon av sitt eget begrep om Jorden. Intervjueren begynte med: "Hvilken form har Jorden?" og "Hvordan vet du at den er rund?"

Noen av hovedproblemstillingene gikk ut på å predikere retningene, i fantasien, av forskjellige typer fritt fall på forskjellige steder på Jorden, og så forklare disse prediksjonene. Den som er interessert henvises til hele utredningen. Imidlertid oppsummerer Nussbaum med at det ble funnet og kategorisert, fem kvalitativt forskjellige forestillingssett. De er ordnet med en begrepsmessig progresjon fra 1 (den mest ego-sentriske, primitive ide) til 5 (den mest vitenskapelige ide).

De tre essensielle grunnholdningene i Jorden-begrepet ble presentert som tre variabler eller dimensjoner. Dette innebærer at hver grunnholdning antar minst to alternative former (for eksempel: Jordens fasong kan være flat eller sfærisk). Enda hver av de tre dimensjonene har to begrepsmessig motsatte former, forekommer ingen av de fem undersøkte forestillingene som dikotome (enten-eller). Men de forekommer heller i flere alternative former, som representerer forskjellige nivåer av intensitet og tydelighet for de alternative ytterlighetene på de tre gitte dimensjonene.

Funnene i Nussbaums (1985) undersøkelser viser at generelt vil begrepet om Jorden gjennomgå en endring hos barn under utvikling eller ved mer eller mindre formell skolering. Denne endringen i Jorden-begrepet går gradvis som under en evolusjon, hevder han. (Undersøkelsen ble gjort ved å intervju barn i 8 – 14 års alderen.) Og dette er det viktige poenget: Det vitenskapelige begrepet blir ikke internalisert momentant, som intensjonen er, ved formell undervisning i skolen. Men primitive elementer synes å vedvare noen tid i unge menneskers forestillinger, på tross av organisert instruksjon.

The findings [...] suggest that the conceptual change takes place as a long term gradual evolution. In each stage of this evolution a partial accommodation occurs in some of the conceptual elements but not necessarily in all of them. It is interesting to note that this suggestion is compatible with current trends, in the history of science which describes the development of scientific notions as a multi-step evolution rather than as a few-step revolution (Nussbaum 1985:189).

Til slutt refererer Nussbaum (1985) til en undersøkelse av et undervisnings-eksperiment blant 2.-klassinger, 7-8 åringer, der relativt korte instruksjons-enheter innen audio-tutorial (AT) teknikk ble konstruert spesielt for å i møtekomme og underbygge de tre grunntankene i Jorden-begrepet.

This short instruction advanced pupils' understanding of the concept quite significantly (Nussbaum 1985:192).

Og han sier videre et annet sted:

Piaget's theory would have predicted that second graders are too young to understand the Earth concept, since they cannot overcome the ego-centric point of view. This experiment shows that teaching centered upon the essential ideas of the Earth concept can be effective even with such young children (Nussbaum 1985:190)

Nussbaum konkluderer:

We have, therefore, a model which appears simple and primitive but that is quite dynamic and capable of providing reasonable mechanistic explanations for several phenomena known to the child (Nussbaum 1986).

Han hevder altså at solsystemet og verdensrommet bygger på to kognitive faktorer:

1. Elevene må kunne holde fast ved at det er et uendelig verdensrom med utallige legemer. Et av disse er Jorden, en rund kule. 2. Elevene må ha evnen til å kunne betrakte ordningen i verdensrommet med ulike perspektiv.

Nussbaum viser her at alternative forestillinger, hverdagsforestillinger, er representert i betydelig grad langt opp i ungdomsskolen. Og avslutningsvis håper han funnene i undersøkelsen vil inspirere til ytterligere forbedring av undervisningen gjennom sterkere fokusering på elevenes kognitive vanskeligheter. Sammen med sine samarbeidspartnere er Nussbaum en betydelig bidragsyter til dette feltet spesielt og til forståelse av konstruktivismen generelt.

Jeg har valgt å referere ham såpass grundig fordi han går rett på noe av det stoffet som er sentralt også for TIMSS- undersøkelsene. En av problem-stillingene som Nussbaum undersøker, finnes som spørsmål i TIMSS 2003 og er referert i resultat-rapporten derfra (Grønmo mfl 2004:112-113). Det dreier seg om en flervalgsoppgave under emnet "Jordas plass i solsystemet og universet". Her må elevene bruke sin kunnskap om at ting vil falle mot Jordas sentrum uansett hvor de måtte befinne seg på jordkloden, dvs ha forstått effekten av tyngdekraften. De norske elevene hevder seg bra på denne oppgaven, og så mange som 84 % svarer riktig. Det er 14 prosentpoeng bedre enn det internasjonale gjennomsnitt på 70 %, og bare 8 prosentpoeng dårligere enn Japan med (92 %) aller best resultatet.

4.3 Begrepsendringsprosesser med syntetiske ideer

En annen forsker som belyser elevenes kognitive vanskeligheter med eksempler fra forståelsen av "Jordens form" er Stella Vosniadou (1994, 2001). I artiklene "*Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change*" (1994) og "*Conceptual Change Research and the Teaching of Science*" (2001) ser hun på hvilke misoppfatninger barna har og hun er opptatt av hvordan elevene lærer. Hun sier at "*the conceptual change approach*" fokuserer på en kunnskapstilegnelse innen spesifikke emneområder og beskriver læring av naturvitenskapelige begreper som en prosess som krever betydelig omorganisering av eksisterende kunnskapsstrukturer, også referert til som "*domain-specific restructuring*" i litteraturen.

4.3.1 "Conceptual change"-tilnærmingen

Vosniadou (2001:178-179) tar utgangspunkt i tre argumenter for hvordan prosessen for læring om den fysiske verden skjer, og som hun deretter trekker veksler på, nemlig disse:

- (1) Menneskehjernen har gjennom evolusjonen, utviklet spesialiserte mekanismer for å innhente og nyttiggjøre seg informasjon fra den fysiske og sosiale verden.
- (2) Læring som har foregått tidlig i livet og ikke har vært gjenstand for bevisstgjøring og hypotese-testing, kan være til hinder for læring av naturkunnskap.
- (3) Begrepsendring er påkrevet for å lære mange nye naturvitenskapelige forestillinger (og ikke bare vitenskapelige forestillinger).

Det første argumentet har som resultat at barnet går i gang med en rask og effektiv læringsprosess fra fødselen av. Noe er lett å lære, ikke fordi det er ukomplisert, men fordi mennesket er forberedt gjennom evolusjonen, for denne type læring. Dette synes å gjelde **språk** og **intuitiv fysikk**. *Intuitiv fysikk* er kunnskap om den fysiske verden som utvikles fra tidlig spebarnsalder av og gjør barnet i stand til å fungere i sitt fysiske miljø.

Det andre punktet skjer fordi vitenskapelige forklaringer av fysiske fenomener ofte bryter med fundamentale prinsipper i intuitiv fysikk, som igjen og igjen bekreftes i vår "hverdagserfaring". Tross alt, er det slik at de, per i dag, aksepterte vitenskapelige forklaringsmodeller er produkt av en lang historisk vitenskapelig utvikling, karakterisert ved revolusjonære teori-omveltninger som har omstrukturert vår forståelse av den fysiske verden.

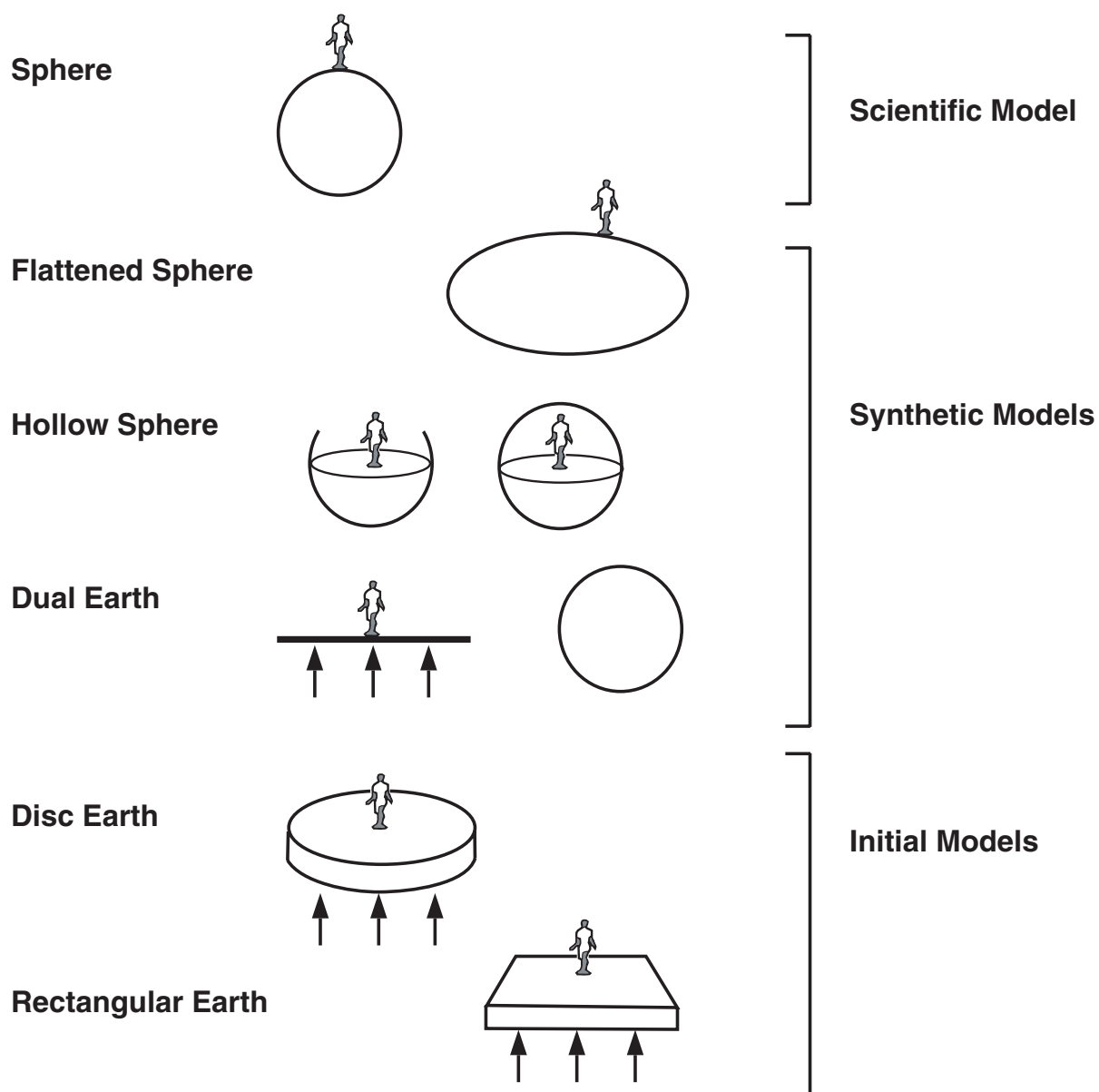
Det tredje punktet begrunnes med, ifølge Vosniadou (2001), at de opprinnelige forklaringene på den fysiske verden i intuitiv fysikk ikke er urelaterte og fragmentariske observasjoner, men danner et sammenhengende hele, organisert i en "rammeverk-teori" som hindrer prosessen med videre kunnskapstilegnelse om den fysiske verden, og kan forårsake misforståelser.

Dertil, på bakgrunn av den akkumulerte informasjon etter mange undersøkelser, har Vosniadou (2001:179-180) tre konklusjoner om læringsprosessen for læring av naturfag:

1. Læring av naturfag er vanskelig
2. Læring av naturfag er karakterisert ved misoppfatninger.
3. Læring av naturfag er forbundet med "treghet" (*inert*)

(Treghet brukes her for å beskrive problemer med "kunnskap om noe" som bare er tilgjengelig i en begrenset mengde situasjoner – og ikke brukes i andre relevante sammenhenger. Naturfag-kunnskap er ofte treg/ inert i betydningen av at elevene lærer å løse oppgaver på skolen, men mangler ferdigheter i å anvende den samme typen kunnskap for å forklare fysiske fenomener utenfor skolen (diSessa 1982)).

Med utgangspunkt i disse utsagnene vil Vosniadou (2001) vise at mange såkalte misoppfatninger kan bli forklart som syntetiske modeller oppstått i forsøk på å assimilere ny informasjon inn i en tidligere etablert rammeverk-teori. I hennes artikkel illustrerer figur 1 (2001:180) "*Mental models of the earth*", rekkevidden av mentale representasjoner på "Jordens form" innhentet hos barneskole-elever. Den viser samsvar av ideer hos barn i USA, India, Hellas og Samoa: Noen skolebarn hadde primitive forestillinger om at Jorden var som en flat skive understøttet av fast grunn under og dekket av himmelen over. Andre barn trodde at Jorden var en hul kule med mennesker på den flate marken dypt inne i den; eller som en flat-trykt kule med mennesker på den flate toppen og bunnen. Atter andre barn hadde den interessante modellen av en dobbel jord – altså to jordkloder – en flat en der folk bor og en sfærisk en som er en planet oppe i himmelen. Disse forestillingene er ikke sjeldne. Og de har store likhetstrekk med de som ble funnet i undersøkelsene til Nussbaum (1985).



Figur 4.4 *Mentale modeller av Jorden*
(Vosniadou 2001:180, figur 1).

4.3.2 Konstruksjon av syntetiske modeller

Vosniadou (2001) forklarer misoppfatningene i figur 4.4 (2001:180, figur 1), som elevenes forsøk på å inkorporere den informasjonen de har mottatt fra kulturen: Jorden er rund, – med sin eksisterende ”teori” om at Jorden er flat. [Teori = forklarende struktur, modell.] En slik inkorporasjon av to varianter ikke-konsistent informasjon (kulturens påstand ved instruksjon – opp mot en intuitivt erfart ”hverdagsforestilling”) fører til konstruksjon av overraskende løsninger i form av syntetiske modeller.

I slike situasjoner vil overgangen til en vitenskapelig forklaringsmodell kreve en fundamental omstrukturering av kunnskapsplattformen og en revisjon av utgangsansatgelsene før noe nytt kan skje. Denne prosessen kalles begrepsendring (*conceptual change*).

Med sine empiriske studier underbygger Vosniadou heftig hvorfor diSessa ikke kan ha rett fordi han ikke kan forklare det hun mener å finne av '... *a small number of well-defined synthetic models, or misconceptions ...*' (Vosniadou 1994b:64).

Men senere søker hun, i større grad enn i tidligere publikasjoner, å komme andre i møte (for eksempel diSessa) – men ikke hele veien.

...I find a great deal of truth in the explanations mentioned... (Vosniadou 2001:181).

Hun er enig i at elevene baserer sine forklaringer på hverdags-erfaringer, som per definisjon er begrensede, og at de trenger å utvikle bedre prosedyrer for å teste og evaluere hypoteser. Tenkningen til en ekspert er mer koherent, mer systematisk og tettere knyttet til fysikkens prinsipper. Men barna synes å vise sensitivitet til spørsmål angående empirisk nøyaktighet, logisk konsistens og enkelhet i forklaringer.

Vosniadou insisterer på at:

Limitations in experiences and in logical thinking cannot fully explain the phenomena of misconceptions and of inert knowledge which are observed not only in elementary school students but in high school and college students as well. In order to explain the above-mentioned phenomena, we need a theory of learning not only as a process of enriching existing knowledge but also as a process of conceptual change (Vosniadou 2001:181).

Hun etterlyser altså en læringsteori som kan gi en dekkende forklaring på alle de fenomenene hun og andre forskere har satt søkelyset på.

Og hun fortsetter med å hevde at:

The mechanism of adding information into an existing knowledge base can produce a misconception if the two pieces of information belong to two incompatible explanatory frameworks, as is the case in the shape of the earth. In these situations the understanding of a scientific explanation requires a more fundamental restructuring of the knowledge base – the revision of fundamental presuppositions and beliefs – before the additive mechanisms can work. This is what we mean by conceptual change. Children must understand the earth as an astronomical rather than as a physical object. This change in ontological categories is really a kind of theory change and does not necessarily imply theory replacement (Vosniadou 2001:182).

De unge elevene må altså forstå at Jorden er et astronomisk objekt mer enn et fysisk objekt. Denne forandringen i ontologisk kategori er virkelig en type nytt fenomen, teori-forandring, uten nødvendigvis å implisere en teori-erstatning (ny teori forklarer gammelt fenomen).

Vosniadou (2001) kritiserer videre bredden av stoff og rekkefølgen av emner som presenteres i barneskoler rundt omkring i verden. Dette fører til memorisering av faktakunnskap – og ikke til utvikling av den kvalitative forståelsen av vitenskapsbegreper – og leder til logiske sammenbrudd (*incoherens*) og misoppfatninger. Og hun kritiserer at lærerne ikke retter nok oppmerksomhet mot hva elevene faktisk forstår og ikke har forstått, og viktigheten av å ta elevenes perspektiv med i betraktningen.

4.3.3 Kommunikasjon av informasjon

På slutten av artikkelen kommer Vosniadou (2001) også inn på den barrieren selve språket kan medføre når det oppstår kommunikasjonsproblemer assosiert med naturvitenskapelig læring. Den typen kommunikasjonsproblem Vosniadou trekker frem er den semantiske

komplikasjonen det innebærer at et begrep har forskjellig meningsinnhold avhengig av kulturell kontekst: om det er hverdagsspråk eller vitenskapelig språk.

En annen type kommunikasjonsproblem som ikke nevnes av Vosniadou, men som trekkes frem fordi det synes å være en parallell, er følgende: I kommunikasjons-vitenskapen finnes en modell der huller (*gaps*) i forståelsen oppstår fra uavklarte misoppfatninger (*the mismatch*) mellom det avsendte budskapet (i følge kunnskaps-skjemaet til avsenderen) og det mottatte budskapet (i følge kunnskaps-skjemaet til mottakeren) (Vincentini 2001). Dette er av stor viktighet for prosessene som berører undervisning og læring:

*Teaching becomes a process where understanding and knowledge are (...)
negotiated through a process of cognitive apprenticeship* (Sainsbury
1992; Brown et al 1989 in Osborne 1996:63).

Ved å ta hensyn til barnets kognitive behov viser man også respekt for barnets integritet.

4.4 Intuitive ideer

Flere andre forskere som har gjort undersøkelser på lignende områder som Nussbaum og Vosniadou, og med noe tilsvarende resultater, har valgt å tolke funnene sine annerledes. Det gjelder blant andre diSessa (1982, 1983, 1988, 1993), Happs (1985) og Angell (1996).

Happs' (1985) artikkel "*Regression in learning outcomes: Some examples from the earth sciences*" beskriver en undersøkelse av en gruppe 14 år gamle elever på New Zealand og deres læring, forståelse og glemsel når det gjaldt systematisering og organisering av bergarter og mineraler. Han brukte ordassosiasjons-skjemaer, intervjuer og grid-analyser for å belyse deres kunnskapsnivå før, umiddelbart etter og tre måneder etter undervisningen (9 en-times leksjoner). En typisk elev ble trukket frem som "*case study*" for å eksemplifisere utviklingen.

Happs beskriver en læringskurve som er annerledes enn den "jevne vekst i alder og visdom" som eksisterer i den optimistiske folketro. Og han får bekreftet det mange lærere i mange sammenhenger har hatt en mistanke om: Begrepsforståelse (og assosierte kognitive strukturer bygget opp i løpet av instruksjon) har en tendens til å avta så snart undervisningen opphører. For tre måneder etter instruksjonen virket det som om eleven hadde mistet "*the cohesion of cognitive structures that he had built up about sedimentary rock*" (Happs 1985:436).

Analysen av dataene hans "*appeared to show that a number of students restructured their knowledge frameworks concerning rocks and minerals, with the resulting 'deletion' of some initial commonsense ideas*". Og han foreslår at "*Terms such as 'conceptual exchange' or 'conceptual change' (Hewson 1982) imply that the learner's pre-instructional ideas have been replaced by his/ her construction of new meaning, following a 'successful teaching episode'*" (Happs 1985:441).

Fra et optimistisk synspunkt kan det se ut til at: om genereringen av nye, vitenskapelige meninger blir oppfattet som forståelige, troverdige og fruktbare, da vil det vitenskapelige rammeverket bli adoptert og det opprinnelige alternative rammeverket bli forlatt.

Tilsynelatende så det ut til at alle dataene i denne undersøkelsen støttet antagelsen om at nye kunnskapsrammeverk hadde blitt utviklet som et resultat av undervisning. Men nærmere ettersyn avslørte at før-instruksjons-rammeverk eksisterte, enda elevene syntes å være klar over relevansen av "gammel" og "ny" kunnskap og den gjeldende konteksten for hver type. Dette åpenbarte seg i flere av intervjuene der elevene tydelig presenterte til intervjueren de

”nye” vitenskapelige perspektivene om bergarter og mineraler i intervjusituasjonens vitenskapelige kontekst (Happs 1985:442).

Mens det syntes altså som den siste vurderingen (etter tre måneders forløp) viste hvordan intuitiv kunnskap hadde en tendens til å erstatte den formelle kunnskapsstrukturen som hadde blitt utviklet gjennom planlagte strategier og strukturert undervisningsmateriell.

Happs antar at det er en realistisk antagelse at

... many adults, who have previously received formal scientific knowledge during their secondary schooling, are likely to experience a regression in this knowledge if they do not receive further scientific training. Consequently, many of these adults may currently have an understanding in science that is heavily flavoured with their original intuitive perspectives” (Happs 1985:442).

Innledningsvis i sin artikkel har Happs gitt til kjenne sitt konstruktivistiske ståsted:

A constructivist approach to teaching this topic was adopted (Driver 1983), acknowledging that learners have personal ideas about natural phenomena and that such ideas may prove resistant to change (Happs 1985:432).

Hos Driver og medarbeidere assosieres både *alternative framework* (Driver & Easley 1978) og *conceptual framework* (Driver & Erickson 1983) med former for generelle, strukturerte og konsistente naive teorier. Det kan ikke ses at Happs skulle stå for noe annet enn dette.

Selv om det er likhetspunkter mellom undersøkelsene til diSessa og Vosniadou, tolker diSessa sine funn annerledes. Det er flere fellestrekk mellom Happs og diSessa, men Happs og diSessa bruker forskjellige termer.

For diSessa er det ikke slik at barna kombinerer sine grunnleggende antagelser til koherente teorier, men forestillingene forblir i usammenhengende enkeltheter. Med kunnskaper i fliser og brokker kan det ikke få blitt noen snuoperasjon der én verdensanskuelse skiftes ut med en annen. Isteden blir det en gradvis ervervelse av kunnskaper der basis-ideene, ”hverdagsforestillingene” (av diSessa kalt ’*phenomenological primitives*’ eller ’*p-prims*’) bakes inn under generelle prinsipper, med den (dramatiske?) konsekvens at: *’The individual might never lose completely the phenomenological primitives formed early in life’* (diSessa 1983).

I en studie utført ved Universitetet i Oslo innen fysikkdidaktikk, har Carl Angell (1996) sammenlignet løsninger på de forskjellige problemene for hver enkelt student. Han skriver:

Andrea diSessa (1988, 1993) hevder at det han kaller intuitiv fysikk ikke er en konsistent teori [...], men at intuitiv fysikk er en fragmentert samling av ideer, snarere enn teorier av samme kvalitet som f. eks. Newtons lover (Angell 1996:251).

...elevtenkning, elevers ideer, alternative forestillinger eller intuitive ideer inneholder så mange aspekter og nyanser at troen på at elever har alternative forestillinger som konstituerer naive teorier, ikke er så fruktbar som mange har hevdet. Resultatene av oppgaveanalysene [...] gir tvert om støtte til et syn som i utgangspunktet antar at elevenes ideer er forholdsvis ustrukturerte, kunnskapen kan oppfattes som fragmentarisk, og elevene konstruerer ikke systematiske og konsistente naive teorier. Det ser ut som ulike ideer som dukker opp, er helt avhengig av konteksten, og avhengig av i hvilken grad problemstillingene er gjenkjennelige. Så langt argumenterer jeg med andre ord for en anerkjennelse av diSessas (1993) teori om p-prims, og der antakelsen om at vitenskapelig kunnskap må bygges på intuitive ideer, står sentralt (Angell 1996:252).

Videre argumenterer Angell for et syn på elevtenkning som innebærer at undervisningen bør bygge på elevers forestillinger, i motsetning til en konfrontasjonsmodell der alternative

forestillinger søkes erstattet av korrekte vitenskapelige forestillinger; at det å bygge på elevenes eksisterende kunnskaper og forestillinger, eller elementer av korrekte ideer, kan ha forskjellige konsekvenser for undervisningen; og at diSessa (1993) kanskje er den som har gitt klare uttrykk for et prinsipielt syn der kontinuitet fra fragmentarisk ustrukturert kunnskap til mer systematisk vitenskapelig forståelse er sentralt (Angell 1996:253).

4.5 Forskernes tolkninger og forslag

Det mange forskere er enige om er beskrivelsene av begrepsendringsprosessene ved læring av naturfagene, og den betegnende forekomsten av forholdsvis få ”alternative forestillinger” eller ”mentale (syntetiske?) modeller” for et bestemt fenomen. Men til tross for denne enigheten om hva de ser når de betrakter disse resultatene, vil tolkningene som forskerne gjør, variere.

Noen forskere tenker at det å lære naturfag er vanskelig fordi elevene har begrenset erfaring; eller elevene vet ikke hvordan de skal tolke den begrensede erfaringen de har; eller de vet ikke hvordan de kan teste hypoteser og avvise forklaringer på grunnlag av foreliggende bevis; eller de baserer sine forklaringer på det de persiperer gjennom sansene alene og ikke gjennom tingenes logikk; kanskje elevene ikke engang ser at noe behøver å forklares.

Agendaen til forskningen i realfagdidaktikk kan være forskning for forskningens egen del; men tydeligere enn i mye annen forskning er behovet for å produsere prinsipper og modeller relevante for undervisningspraksis. Forslag til forbedringer i instruksjon og undervisning som skal lette læringen for elevene, er det også stor grad av enighet om. Syv forhold som lærerne bør ha i tankene for å styrke elevenes muligheter for tilegnelse av naturfagkunnskaper, blir foreslått av Vosniadou (2001:184-187), men finnes igjen som gode råd også hos andre forskere i naturfagdidaktikk.

De syv forslagene til fremme av elevenes læring er som følger:

1. Et tilrettelagt miljø med spesial-designet instruksjon fra tidlige barneår. Sørge for et miljø rikt på nye erfaringer og anledning til å observere interessante fenomener. Oppmuntre og motivere til en dypere kvalitativ forståelse.
2. Kritisk å vurdere bredden/ omfanget av emner som skal dekkes i pensum. Det kan være mer fordelaktig med færre temaer, men med et blikk for dypere utforskning og forståelse av noen få nøkkelbegreper innen enkelte fagområder, enn en overfladisk sveip over mange.
3. Sekvensielt strukturert undervisning av temaer. De begrepene som omfattes av et emneområde har en relasjonell struktur som influerer på muligheten for begreps-tilegnelsen. Denne strukturen må ligge til grunn når pensum og instruksjonen tilrettelegges.
4. Elevenes ”før-forestillinger” har viktige implikasjoner for instruksjonen. Lærerne må vite hvordan elevene ser på den fysiske verden, og så ta deres ståsted med i betraktning når de tilrettelegger undervisningstimer. Og – elevene må få sjansen til å bli klar over egne tanker og ideer, og slik bli motivert til endring.
5. Metakognisjon – tanker om egen tenkning. Elevene må bevisstgjøres på hvordan de selv tenker, og på hvilke forklaringsmodeller (hvis noen) de har konstruert. Og at deres forklaringer på fysiske fenomener er hypoteser som kan bli gjenstand for eksperimentering og eventuell påfølgende forkastning. Mangel på metakognisjon hindrer elevene fra å undersøke egne, tidligere forestillinger. For å hjelpe elevene med å øke sin bevissthet omkring begrepene, er det påkrevet å skape læringsmiljøer som letter

gruppediskusjoner og fremmer elevenes egne uttrykk: verbale artikulering og skriftlige fremstilling av ideer.

6. Adressere grunnfestede "før-forestillinger". Elevene ser ikke alltid selv behovet for å endre sine forestillinger, fordi de fungerer adekvat i hverdagen. De må derfor forsynes med teoretisk relevante erfaringer (i form av systematiske observasjoner eller resultater av "hands-on"-eksperimenter), for å være villig til den betydelige anstrengelsen som kreves for å bli en "science-literate" person.
7. Naturfagspråket. De semantiske termene, dvs bruken av begrepene, er helt forskjellig i hverdagsspråket og i naturvitenskapens språk. Dette er en kilde til feil og misforståelser. Lærerne må være klar over dette og vaksomme for de lingvistiske vanskeligheter læring av "gamle" begreper med "nytt" innhold innebærer, og diskutere denne forskjellen med elevene.

Endelig er det et siste punkt, 8, som gjelder allmennheten: Nemlig – kulturens manglende støtte og oppbakking av skoleelevers naturfaglige interesser. Skolen må ikke stå alene om dette. Naturmuseer og Viten-sentre må bli en større og viktigere del av hverdagserfaringen for barn og unge i samfunnet, også utenfor skolen (Vosniadou 2001:184-187).

Det viktigste forsvaret og begrunnelsen for å drive arbeidet med realfagdidaktisk forskning er at det skulle ha ført til og burde føre til forbedringer av praksis i skolen. De prinsipper og modeller som har kommet som resultater av denne forskningen, skulle nettopp lede lærere, pensum- og læreplanpedagoger og testkonstruktører til bedre og mer effektive måter å utføre arbeidet sitt på (Gunstone & White 2000:301).

Gunstone og White (2000:302) stilte spørsmålet om det er slik at forskningen på alternative forestillinger har ført til bedre undervisning og bedre læring. Og de kommer tilbake til et tidligere poeng som må anerkjennes, nemlig at sammenhengen mellom forskning og undervisningspraksis ikke er entydig og direkte. Formell utdanning og opplæring er et komplekst system fordi mange faktorer påvirker hverandre gjensidig, og selve konteksten påvirker metodenes suksess. Det er ikke gjennom oppdagelsen av en detaljert og spesifikk undervisningsmetode at forskningen påvirker undervisningspraksis, men gjennom anerkjennelse av prinsipper som beforder og gjennomsyrrer tenkning omkring undervisning og læring.

Og forskning på alternative forestillinger belyste et slikt prinsipp at: *Students beliefs persist despite direct teaching of a different view*. I letingen etter en måte å unnsnippe denne fallgruben på, var det forskerne begynte å utforske **metakognisjon**. Tanken var at alternative forestillinger vedvarte fordi elevene ikke reflekterte over det de lærte for å sjekke om det var konsistent med hva de trodde: Hvis de kunne overtales til å sammenligne informasjonen med det de trodde, og undersøke om det stemte overens gjennom eksperimentering, ville de sannsynligvis anerkjenne det vitenskapelige synspunktet. Denne sjekkingen og sammenligningen krevde at elevene kontrollerte sin egen læring – det vil si at de ble **metakognitive**.

Dette førte til en utvidet aktivitet som gikk ut på å forstå hva som foregikk av kvalitetslæring i klasserommene; identifisering og beskrivelse av god læringsatferd; klasseromstilnærminger og prosedyrer for å fremme en metakognitiv bevissthet på læringen. Metakognitive strategier som skulle ha en positiv effekt utprøves for at elevene skal kunne utvikle hensiktsmessige og levedyktige mentale modeller.

5. Metoder og datakilder

5.1 Generelt

De to store internasjonale undersøkelsene av skolesystemer og elevers kunnskaper er TIMSS og PISA. TIMSS er en internasjonal undersøkelse som dreier seg om realfagene, matematikk og naturfag, i skolen. Et viktig mål er å beskrive og sammenlikne elevprestasjoner, altså elevenes ideer og kompetanse, både nasjonalt og internasjonalt. Med utgangspunkt i kunnskapsresultater og andre data i undersøkelsen søker en å forklare og forstå forskjeller i prestasjoner, for så å kunne si noe om hvilke faktorer som påvirker og best fremmer læring. TIMSS er det mest omfattende komparative forskningsprosjekt innen utdanning i hele verden (Grønmo mfl 2004).

PISA (Programme for International Student Assessment) er en internasjonal komparativ undersøkelse av skolesystemene i ulike land. Den har som mål å finne ut i hvilken grad 15-åringene i deltakerlandene har ervervet den kunnskap som er nødvendig for å kunne delta i samfunnet på en likeverdig måte. Blant sentrale spørsmål som skal undersøkes er: – hvor godt skolen forbereder elevene til å møte morgendagens utfordringer – hvilke faktorer fremmer god læring og – hvor mye elevenes prestasjoner avhenger av deres hjemmebakgrunn og av skolens ressurser. PISAs kartlegging av 15-årige skoleelevers kompetanse innen lesing, matematikk og naturfag skal søke å gi noen svar på disse spørsmålene (Kjærnsli mfl 2004).

5.2 TIMSS 1995 og 2003

5.2.1 Historikk TIMSS 1995 og 2003

I regi av IEA (International Association for the Evaluation of Education Achievement) er det fra slutten av 1950-årene gjennomført en lang rekke internasjonale sammenlignende studier av ulike skolefag, både når det gjelder læreplaner og elevers prestasjoner og annet. IEA ble etablert i 1959 og ideen bak organisasjonen var et ønske om ”verden som et pedagogisk forskningslaboratorium”. I begynnelsen av 1960-årene fant FIMS (First International Mathematics Study) sted, etterfulgt av FISS (First International Science Study) tidlig i 1970-årene. Deretter fulgte ”second”-undersøkelsene SIMS og SISS i første halvdel av 1980-årene. Norge deltok da for første gang, men bare i SISS (Sjøberg 1986). Undersøkelsene ble gjennomført til forskjellige tider i de ulike landene.

TIMSS (Third International Mathematics and Science Study) fant sted i Norge i 1995, og her kom vi med på laget fra arbeidet med undersøkelsen tok til i 1991. I 1999 ble ”TIMSS-repeat” gjennomført, men uten at Norge var med. I 2003 ble TIMSS omdøpt til ”*Trends in International Mathematics and Science Study*” og tanken er å gjennomføre undersøkelsen hvert fjerde år. TIMSS ble altså etablert som et integrert realfagprosjekt, for dermed å kunne bidra til at både sammenhenger og forskjeller mellom matematikk og naturfagene skulle kunne bli belyst (Grønmo mfl 2004).

5.2.2 Organisering og mål

Organiseringen av TIMSS er slik at i hvert av landene som deltar er det et nasjonalt senter med ansvar for all tilrettelegging og gjennomføring i eget land. I Norge er det Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling (ILS) ved Underversitetet i Oslo (UiO) som huser prosjektgruppen, og med Svein Lie som prosjektleder. Det internasjonale prosjektsenteret ligger ved Boston College, USA. I tillegg er det sentre som har ansvar for deler av prosjektet: IEA Data Processing i Hamburg i Tyskland har ansvar for å kontrollere alle lands data og lage en internasjonal database, Statistics Canada i Ottawa i Canada har ansvar for å følge opp utvalget av elever i alle deltakerlandene, og Australian Council for Educational Research i Melbourne i Australia har ansvar for psykometriske analyser av dataene (Lie mfl 1997). Det har vært et tett samarbeid mellom disse sentrene, det nasjonale senteret i Boston og sentrene i hvert enkelt land.

Prosjektets mål er å beskrive de ulike aspekter av pensum dvs ”curriculum”-begrepet i realfagene og sammenhengen mellom disse.

Målene for TIMSS kan i korthet beskrives som følger:

- a) Undersøke elevenes kunnskaper i matematikk og naturfag.
- b) Studere hvordan kunnskaper henger sammen med faktorer som for eksempel holdninger, kjønn, hjemmebakgrunn, skolearbeid, fritidssysler og undervisningens innhold og organisering.
- c) Gjøre sammenlikninger mellom land.
- d) Studere utvikling over tid ved å sammenlikne nye resultater med resultater fra tidligere TIMSS-undersøkelser.
- e) Prøve å finne fram til faktorer, nasjonalt og internasjonalt, som fremmer god læring og en positiv utvikling innen realfagene i skolen

(Grønmo mfl 2004:22).

Dette kan skje ved å samle inn data og analysere disse på forskjellige nivåer.

TIMSS-prosjektet har organisert analyser av data på følgende tre ”nivåer”:

Det første nivået gjelder *systemet* slik det legges til rette av myndighetene og samfunnet, altså det som står i fagplaner og lærebøker. TIMSS inneholder omfattende studier av slike dokumenter som kalles den intenderte læreplanen (*”intended curriculum”*). Informasjon om systemets rammefaktorer, skolesystemets struktur og elevenes muligheter for valg av skole og fag blir hentet inn ved hjelp av spørreskjemaer som besvares av lærere, skoleledere, rektorer og inspektører. Disse dataene blir samlet i store databaser og analysert.

Det andre nivået omfatter *klasserommet*. Dette nivået handler om selve undervisningen og læringsmiljøet i klassen. Hvordan den intenderte læreplanen blir satt ut livet kalles den implementerte læreplanen (*”implemented curriculum”*). Hva som skjer i klasserommet blir besvart av både elever og lærere. Viktige bakgrunnsfaktorer vil være elevenes hjemmebakgrunn, klassemiljøet, hvor mye tid blir brukt på hjemmearbeid og hva som gjøres i fritiden. Lærerne informerer om utdanning og holdninger, undervisningsmetoder, arbeidssituasjon og hvilke emner som blir undervist.

Det tredje nivået er knyttet til det som kalles den resulterte læreplanen (*”attained curriculum”*), de faglige prestasjonene til *elevene*: Hva er oppnådd i form av kunnskaper og holdninger. Elevene svarer på spørreskjemaer og faglige prøver, både en skriftlig prøve og

praktisk utføring. Prosjektet søker å beskrive og sammenlikne elevprestasjoner både nasjonalt og internasjonalt, og forsøker å forklare og forstå forskjeller i prestasjoner i forhold til elevenes bakgrunn og holdninger.

For hvert land foretas det analyser av sammenhengen mellom disse tre nivåene av ”læreplanen”. Ut fra dette forsøker en så å trekke slutninger om i hvilken grad ”systemets” og lærernes mål og intensjoner blir nådd. Landene sammenliknes også innbyrdes slik at forholdene kan studeres i et internasjonalt perspektiv (Grønmo m 2004).

5.2.3 Populasjoner

I 1995 fokuserte TIMSS på tre ulike alderstrinn som ble definert på følgende måte:

Populasjon 1: De to klassetrinnene med flest 9-åringer

Populasjon 2: De to klassetrinnene med flest 13-åringer

Populasjon 3: Det siste året i videregående skole.

Norge deltok i alle tre populasjonene. Men for min analyse av geofaglig kompetanse har jeg utelukkende sett på populasjon 2, dvs elever i 6. og 7. klasse. Klassebetegnelse her er de som gjaldt før L 97.

I 1999 ble det holdt en undersøkelse kalt ”TIMSS-Repeat”, men Norge deltok ikke der.

I 2003 rettet TIMSS-undersøkelsen seg mot to klassetrinn. Norge var med, og i vårt land (og de fleste andre) dreide det seg om 4. klasse og 8. klasse, benevnt henholdsvis populasjon 1 og populasjon 2. Min analyse henter data bare fra populasjon 2, altså ”åttende-klassingene”. Imidlertid er det viktig å huske at våre ”åttende-klassinger” egentlig gikk i sitt sjuende skoleår, siden de hoppet over ”2. klasse” da L 97 ble innført.

Men med data fra elever i 7. klasse i 1995, sammenlikner vi jo mellom norske elever som var like gamle, og som hadde gått like mange år på skole i 1995 og 2003 (Grønmo mfl 2004). Så mine TIMSS-data omfatter altså populasjon 2 i 1995 og i 2003.

5.2.4 Oppgaver og koding

I store undersøkelser har det tradisjonelt vært brukt flervalgsoppgaver hvor elevene skal krysse av for riktig svar. For første gang i en så omfattende undersøkelse ble det i TIMSS 1995 benyttet tre forskjellige oppgaveformat: Flervalgsoppgaver, Åpne oppgaver og Praktiske oppgaver.

Flervalgsoppgaver gir mulighet for å ha mange flere oppgaver, som gir høyere reliabilitet, og kan omfatte flere faglige emner. Svarene kan rettes objektivt, rettingen er mindre tidkrevende, testen kan lettere standardiseres, og administrasjonskostnadene vil bli lavere. Men det er viktige sider ved elevenes kunnskaper som flervalgsoppgaver ikke så lett kan måle. I de åpne oppgavene kan ikke elevene gjette seg fram til svaret på samme måte som i flervalgsoppgaver. Vi kan i åpne oppgaver få bedre innsikt i deres begrunnelser for hvorfor de svarer som de gjør enten de svarer riktig eller galt, og slik få oversikt over mulige feilforestillinger hos elevene.

Å finne fram til de oppgavene som kunne brukes i TIMSS-undersøkelsene var en lang, møysommelig og tidkrevende prosess. Alle de frembrakte oppgavene ble samlet i en ”oppgavebank”, og der kategorisert etter ”TIMSS-framework”, se Vedlegg. Hvor vanskelig det var å finne tilstrekkelig antall ”gode” oppgaver innen de forskjellige kategoriene varierte. I TIMSS-undersøkelsene har det vært viktig at oppgavene skulle dekke et ”internasjonalt”

pensum, og at de fungerte teknisk godt. Etter generalprøvene ble visse grensebetingelser satt opp som kriterier for at en oppgave skulle fungere godt, og deretter kunne oppgavene sorteres. De endelige testene (1995 & 2003) ble satt sammen av oppgaver som tilfredsstilte de gitte kravene (Lie mfl 1997:12-13, Mullis mfl 2003, Grønmo mfl 2004:29).

Et av målene med TIMSS er å få innsikt i elevers kunnskap og forståelse av viktige begreper innen sentrale områder i fagene. For å få innsikt i hvordan elevene har tenkt, hvilke løsningsstrategier de har brukt, og eventuelle alternative forestillinger, er det viktig at besvarelsene ikke bare blir kodet for riktig eller galt. Da ville mye av den diagnostiske informasjonen gå tapt. Med bakgrunn i dette er det derfor blitt utviklet et spesielt kodesystem som man anvender i rettingen av de åpne oppgavene. Den norske prosjektgruppa har vært sentral i utviklingen av dette kodesystemet, som første gang ble benyttet i TIMSS 1995. Kodesystemet er tosifret, og det første sifferet indikerer om svaret er riktig, delvis riktig eller galt. Det andre sifferet refererer til typer av svar, for eksempel hvilke tanker elevene har om et begrep, eller hvilken metode de har brukt i løsningen. Koder mellom 20 og 29 vil si at det er gitt to poeng for svaret, mens koder mellom 10 og 19 betyr at svaret fikk ett poeng. Koder mellom 70 og 79 viser at svaret er feil og følgelig gir null poeng. Dersom eleven overhodet ikke har forsøkt å svare på oppgaven, gis koden 99. Basert på dette generelle systemet ble det utviklet en detaljert rettemal for hver eneste åpen oppgave. Hver kode var angitt med detaljert beskrivelse av kjennetegn ved slike svar og med autentiske eksempler på elevsvar (Lie mfl 1997:13, Grønmo mfl 2004:30-31). De frigitte oppgavene ligger på www.timss.no.

Det passet slik at jeg fikk være med å rette de åpne oppgavene i TIMSS 2003. Dette gav meg en interessant erfaring, og jeg fikk se at kodesystemet fungerte godt.

5.2.5 Rammeverk

For å kunne beskrive og analysere de ulike nivåene, ble det innenfor TIMSS-prosjektet utviklet analyseverktøy. Basis for undersøkelsene i 1995 og 1999 var *Curriculum Frameworks for Mathematics and Science* (Robitaille 1993). Verktøyet lå til grunn for analyse av innholdet i læreplaner og lærebøker, for kategorisering av oppgavene og utvikling av spørsmålene. Dette verktøyet var videreutviklet fra tidligere klassifikasjonssystemer som Blooms taksonomi (Bloom 1956). Selv om analyseverktøyet ble utviklet for naturfag og matematikk hver for seg, var det den samme generelle strukturen og de samme tre aspekter eller dimensjoner: faglig innhold, ferdigheter og prosesser (*"performance expectations"*) og perspektiver. Bare dimensjonene "Innhold" og "Ferdigheter og prosesser" ble brukt under utvikling av oppgavene. Den første dimensjonen kategoriserer det faglige innholdet. Kategoriene i den andre dimensjonen inneholder hvilke kunnskaper det forventes at eleven vil bruke i arbeidet med rutine-oppgaven, om det for eksempel er en ren rutineoppgave eller noe som krever en mer kompleks løsningsstrategi. Hver dimensjon/ aspekt rommer en kategori-rekke. Ved analysen av oppgavene og rapportering av resultatene var det hensiktsmessig at noen av innholdskategoriene ble slått sammen (Lie mfl 1997).

Utviklingen av rammeverket for TIMSS 2003 (Mullis mfl 2003) bygget videre på *"TIMSS-framework"* av Robitaille mfl (1993). Revisjonen til Mullis mfl (2003) reflekterte endrede læreplaner og endret undervisningspraksis i deltakerlandene gjennom det siste tiåret. Samtidig var det ønskelig å opprettholde muligheten til å studere trender, derfor ble mange oppgaver fra 1995 og 1999 gitt på nytt i 2003. Et bredt panel av fageksperter fra mange land bidro til utformingen av de fagrelaterte delene av rammeverket. Det gjaldt å forsikre seg om at mål som var ansett for å være viktige i realfag-undervisningen i deltakerlandene, ble

vurdert og eventuelt inkludert i rammeverket. Elevene måtte bli testet i lærestoff de i følge læreplanen og rapportert undervisningspraksis skulle kunne, om det skulle tas hensyn til resultatene fra TIMSS-undersøkelsen i vurderingen av realfagenes situasjon i de nasjonale skolesystemene. Ved den endelige utformingen av innholdskategoriene og utvelgelsen av oppgaver til testen, ble følgende faktorer poengtert (Mullis mfl 2003):

- a) Innholdet skulle være inkludert i læreplanen i de fleste landene
- b) Innholdet skulle sannsynligvis kunne regnes som viktig for (matematikk-) naturfagundervisningen i fremtiden
- c) Oppgavene var godt tilpasset elevenes alderstrinn
- d) Oppgavene måtte fungere teknisk godt i en storskalaundersøkelse
- e) Hver oppgave måtte medvirke til en balansert test med hensyn til innholdskategorier og kognitive nivåer.

Viktigheten av dette siste punktet kan komme til å øke, ettersom det ble en uuttalt målsetting at TIMSS gradvis over årene skulle legge mer vekt på spørsmål og oppgaver som skal gi bedre innsikt i elevers analytiske og utforskende evner (Grønmo mfl 2004 :25).

Rammeverket for TIMSS 2003 i naturfag (i likhet med matematikk) har to organiserende dimensjoner: en innholdsdimensjon og en kognitiv dimensjon. Dette atskiller seg noe fra rammeverket for TIMSS 1995 som hadde tre aspekter eller dimensjoner, med litt annet begrepsinnhold. Men vi kjenner igjen kategoriene i "innholdsdimensjonen" fra aspektet "innhold" og likeså kategoriene i "den kognitive dimensjonen" fra aspektet/ dimensjonen "Ferdigheter og prosesser". Det tredje aspektet fra TIMSS 1995, "Perspektiver" som holdninger, yrkeskarriere, likestilling og motivering, ble i TIMSS 2003 loddet i et eget elevspørreskjema som ble utviklet for å belyse interessante sammenhenger mellom prestasjoner og ulike bakgrunnsvariabler. "Perspektiver" faller nå, i TIMSS 2003, inn under "Bakgrunnsvariabler" innenfor et kontekstuellt rammeverk. (Det er viktig å forstå elevenes læringskontekst; så det kontekstuelle rammeverket er ute etter å avgrense hvilke forhold elevene blir spurt om når det gjelder undervisning og læring.)

Tabell a): Fordeling av naturfag-oppgaver etter innholdsdimensjonen

	8. klasse
Biologi	30 %
Kjemi	15 %
Fysikk	25 %
Geofag	15 %
Miljølære	15 %

Tabell b): Fordeling av naturfag-oppgaver etter kognitiv dimensjon

	8. klasse
Faktakunnskap	30 %
Begrepsforståelse	35 %
Resonnementanalyse	35 %

** Med Geofag menes det som på engelsk kalles "earth science", emner innen astronomi, naturgeografi, geologi og geofysikk.*

Begge de organiserende dimensjonene i TIMSS 2003 hadde elementer som definerte henholdsvis de naturfaglige fagområdene i undersøkelsen og den ulike kognitive atferden som ble forventet av elevene i møte med oppgavene. Det er en noe ulik vekting av disse

innholds-elementene i testene for 4. klasse og 8. klasse, og det er naturlig nok 8. klasse som er av interesse her. En forenklet utgave av tabellene 2.3 og 2.4 i Grønmo mfl (2004:27) kan belyse denne element-sammenhengen.

Tabell a er tabell 2.3 og **tabell b** er tabell 2.4 i TIMSS 2003 (Grønmo mfl 2004:27).

Det fremkommer av **tabell a** at det vil være fem rapporteringskategorier for 8. klasse. Resultatene er rapportert separat for hvert element (fag) i innholds-dimensjonen og for faget totalt. Her i denne hovedoppgaven er det resultatene for geofag som er av interesse, og spesielt eventuelle trender innen særskilte delemner av det totale fag-emnet. **Tabell b** viser tre kategorier for den kognitive dimensjonen med noe ulik vektning. (Internasjonalt blir det imidlertid ikke lagt opp til rapportering etter denne dimensjonen.)

Naturvitenskapelig arbeidsmetode kommer til som en kategori i tillegg til innholds-dimensjonen og den kognitive dimensjonen. Elevenes evne til å benytte naturvitenskapelig arbeidsmetode vil kunne måles særlig gjennom oppgaver som krever at elevene benytter sine kunnskaper og sin forståelse i en praktisk kontekst. Vurdering av resultater fra slike oppgaver faller utenfor avgrensingen for min hovedoppgave. Her er det elevenes utviste kompetanse innen de geofaglige kunnskapsområdene som er i fokus.

5.3 PISA 2000 og 2003

5.3.1 Historikk PISA 2000 og 2003

PISA (Programme for International Student Assessment) er et stort komparativt internasjonalt prosjekt i regi av OECD (Organisation for Economic Cooperation and Development). Prosjektet har som mål å sammenlikne 15-åringers kunnskaper og ferdigheter samt deres evne til å reflektere over egen kunnskap og erfaring i lesing, matematikk og naturfag.

I PISA er policy-relevante faktorer et hovedfokus. Utdannings-politikere vil ha svar på spørsmål som: Forbereder vårt skolesystem barna på å delta i samfunnet? Hvilken utdanningsstruktur og praksis i skolen gir elever som har svake hjemmeressurser de beste læringsmuligheter? Hvor mye er elevenes prestasjoner avhengig av skolens ressurser? PISA er utviklet og utvikles kontinuerlig for å bidra til økt innsikt i slike spørsmål. Analysene vil se på hvordan demografiske, sosiale, økonomiske og utdanningspolitiske særtrekk henger sammen med elevresultater og skolebeskrivelser (Lie mfl 2001:9).

Gjennom PISA kan en følge utvikling over tid ved å gjennomføre en undersøkelse hvert tredje år. Alle de tre kunnskapsområdene lesing, matematikk og naturfag blir dekket hver gang, men det fagområdet som har hovedfokus, får mest testtid. Ved første gangs gjennomføring i år 2000 var lesing hovedområdet. PISA 2003 hadde matematikk som hovedtema. Og i PISA 2006 vil naturfag være i hovedfokus. Ved å dekke de tre kunnskapsområdene hvert tredje år vil det være mulig for hvert land å få en systematisk og pålitelig oversikt over elevenes utvikling innen hvert av disse sentrale områdene.

I PISA 2003 ønsket en i tillegg til de tre fagområdene å vurdere elevenes kompetanse innen et område som internasjonalt kalles *Problem solving*. "Problemløsning" er den direkte oversettelsen, og ble valgt i den norske sammenhengen. Men dette kan forbindes med et mye mer omfattende område enn det som faktisk ble søkt målt i PISA 2003, best forstått som

analytisk resonnering. **Problemløsning** var ikke med i PISA 2000, og det er ingen planer om gjentakelse på et senere tidspunkt (Kjærnsli mfl 2004:14).

5.3.2 Organisering og mål

Organiseringen av PISA springer ut fra et høyt politisk og forvaltningsmessig nivå og er et samarbeid mellom medlemslandene i OECD. Et utvalg med representanter fra hvert av deltakerlandene (*Board of Participating Countries*, PISA 2000, deretter kalt *PISA Governing board* fra 2003) la premissene for de politiske prioriteringene og standard for utviklingen av hva som skal undersøkes. Den praktiske administrasjonen og faglige ledelsen av prosjektet skjer i regi av en internasjonal sammenslutning som har knyttet til seg og dannet ekspertgrupper innen alle tre fagområder og en egen for spørreskjemaene. Gruppene er blitt satt sammen (av eksperter) uavhengig av landene som deltok. Det de hadde som mål var blant annet å utvikle forslag til rammeverk og å være rådgivere for oppgaveutvikling og valg av oppgaver. Det norske PISA prosjektet er finansiert av Utdannings- og forskningsdepartementet (UFD) nå Kunnskaps- og oppvekst-departementet (KOD). En forskergruppe med Svein Lie som prosjektleder, ved Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling (ILS) ved Universitetet i Oslo, har ansvaret for gjennomføringen av prosjektet.

Målet for hele prosjektet er å lage pålitelige indikatorer for 15-årige elevers kompetanse innen lesing, matematikk og naturfag for på den måten å svare på hvor godt skolen forbereder elevene til å møte utfordringer i fremtiden. Disse indikatorene skal kunne beskrive kompetansen til elevene i forskjellige land, og de er ment å skulle hjelpe skolemyndighetene med å forbedre skolesystemet (Lie mfl 2001:9-11).

5.3.3 Populasjonen

I PISA 2000 deltok omtrent 270 000 elever fra 32 land, der 28 deltakerland var medlem av OECD. En tilsvarende undersøkelse ble i tillegg gjennomført i ytterligere 13 land i løpet av 2002 (Lie mfl 2001:10).

I PISA 2003 deltok 41 land, og 30 av dem var OECD-medlemmer. Antallet 15-åringer dreide seg om over en kvart million (> 250 000), og de ble trukket ut slik at de skulle representere ca 27 millioner elever i de 41 landene. Utvalget representerte rundt 12 millioner elever i OECD-landene.

Alle landene deltok på like betingelser med hensyn til utvalg av elever og prosedyrer for gjennomføringen. De landene som har tilfredsstilt kravene, er med i de internasjonale resultatlistene, men de internasjonale gjennomsnittsskårene er beregnet ut fra bare OECD-landene (Kjærnsli mfl 2004:20).

Populasjonen i PISA 2000 omfattet 15-åringer, definert som alle elever som er født i 1984. I motsetning til i mange andre undersøkelser, har en her valgt alder og ikke klassetrinn som basis for utvelgelsen. Det vil si at man undersøker et helt årskull uavhengig av hvor mange år elevene har gått på skolen i de enkelte land. I Norge er forskjellen mellom aldersbasert og klassetrinnsbasert populasjon minimal, fordi over 96 % av de norske 15-åringene går på 10. klassetrinn. Omtrent 2 % går i 9. klasse, og litt over 1 % går på videregående skole, grunnkurs. For å effektivisere utvalget ble populasjonen delt inn i strata. Hvordan det ble gjort og begrunnelsen for dette er beskrevet i Lie mfl (2001:15-17). Den norske undersøkelsen ble gjennomført i mars-april 2000. I Norge var det en høy deltakerprosent

(>85 %) for både skoler og elever og dette førte til at de internasjonale kravene til høy deltakelse ble oppfylt hos oss.

Populasjonen i PISA 2003 omfatter 15-åringer, definert som alle elever født i 1987 som går på skole. Det vil si at en undersøker et helt årskull uavhengig av hvor mange år elevene har gått på skolen eller hvilket klassetrinn de går i. I Norge er forskjellen mellom aldersbasert og klassetrinnsbasert (som i mange andre undersøkelser) populasjon minimal, fordi over 96 % av de norske 15-åringene går på 10. klassetrinn. Omtrent 2 % går i 9. klasse, og litt over 1 % går på videregående skole. De norske skolene er tilfeldig trukket fra alle landets skoler basert på offisiell skolestatistikk for skoleåret 2001/2002, og fra hver 30 elever trukket tilfeldig igjen, for å skaffe frem et representativt utvalg. Den norske undersøkelsen ble gjennomført i april 2003, og 4046 elever fra 182 skoler deltok. Med 85 % på elevnivå og 90 % på skolenivå var det (svært) høy norsk deltakelse, noe som er påkrevd for å tilfredsstille de internasjonale kravene til deltakelse (Kjærnsli mfl 2004:22).

For å være sikker på at undersøkelsen ble gjennomført likt i alle land, ble det laget detaljerte veiledninger internasjonalt som måtte oversettes og brukes i alle land. I disse var det informasjon om hva som måtte gjøres før og etter undersøkelsen, samt en detaljert beskrivelse for selve gjennomføringen. Det var blant annet krav til nøyaktig tidtaking, og at instruksjonen til elevene skulle leses ordrett. Internasjonalt var det lagt stor vekt på å kvalitetssikre alle prosedyrer for å få gode og sammenlignbare data. Alle de fem Nordiske landene (Danmark, Finland, Island, Norge og Sverige) var med i begge disse undersøkelsene.

5.3.4 Oppgaver og koding

Oppgavene i PISA 2000 og 2003 tar utgangspunkt i det internasjonale rammeverket som er utviklet for undersøkelsen (OECD 1999, 2000, 2003). Mer enn på de fagspesifikke sidene er det i disse oppgavene fokus på nyttige sider av faget. Det er derfor i liten grad spørsmål som bare krever ren faktakunnskap. Naturfagoppgavene i PISA 2003 ble først og fremst hentet fra de tre emneområdene *Liv og helse*, *Jorda og miljøet* og *Teknologi*. Oppgavene er knyttet til ulike kontekster slik elevene kan møte dem i hverdagen. Oppgavene er stort sett ordnet i oppgaveenheter, der hver oppgaveenhet består av en tekst med en rekke oppgaver knyttet til teksten. Disse tar ofte utgangspunkt i en tabell eller figur. Tekstene skal være virkelighetsnære og autentiske og er derfor hentet fra aviser, tidsskrifter, brosjyrer eller lignende.

Oppgavene har flere formater og kan være **flervalgsoppgaver** eller **åpne oppgaver**. Det er to typer flervalgsoppgaver der elevene i første variant kan velge riktig svar blant flere alternativer, og i den andre varianten svare på en serie oppgaver med ja/nei eller riktig/galt som alternativer. I de åpne oppgavene må elevene selv skrive svar som kan variere fra bare et tall eller noen få ord til lengre forklaringer (Lie mfl 2001:12, Kjærnsli mfl 2004:24). I vedlegget er det eksempler på tekster fra naturfagområdet. (Alle de frigitte oppgavene er lagt ut på prosjektets hjemmeside www.pisa.no.)

Over halvparten av testen var åpne oppgaver som måtte kodes i forbindelse med rettingen. For å få innsikt i hvordan elevene har tenkt, hvilke løsningsstrategier de har brukt og eventuelle alternative forestillinger, var det viktig at ikke oppgavene bare ble kodet for riktig eller galt. For å ivareta denne diagnostiske informasjonen som elevenes svar gir, ble det utviklet og brukt internasjonalt et tosifret kodesystem for oppgavene i naturfag, der den norske prosjektgruppa på bakgrunn av erfaringer fra TIMSS (Lie, Kjærnsli & Brekke 1997) var sterkt involvert i utarbeidingen av disse kodene (Kjærnsli, Lie & Turmo 1999).

Hvert hefte ble rettet av to personer (ved reliabilitetsretting fire personer) uavhengig av hverandre, og i Norge og de fleste andre land var samsvaret mellom koderne svært bra (Lie mfl 2001:18, Kjærnsli mfl 2004:27). For å få gode og sammenlignbare data for videre analyse, ble det internasjonalt lagt stor vekt på å kvalitetssikre alle prosedyrer, fra kvalitetssikring i de enkelte land til den ferdige internasjonale databasen.

5.3.5 Rammeverk (*Scientific Literacy*)

I diskusjonen av PISA-resultatene er det viktig å vite hva PISA-undersøkelsen tar sikte på å måle, og hvordan dette samsvarer med nasjonale mål som for eksempel læreplanen. PISA tar ikke utgangspunkt i landenes læreplaner og skolefagenes "pensum", men undersøkelsen sikter i hovedsak mot å måle elevenes evne til aktivt å bruke kunnskaper og erfaringer i en aktuell situasjon og hvordan de forholder seg til emner som trolig vil være relevante for fremtiden. PISA-undersøkelsen er basert på en internasjonal konsensus på politisk nivå blant OECD-landene om hva som anses å være viktig å kunne i årene fremover. Det er utviklet et rammeverk (OECD 1999, 2000, 2003) som beskriver i detalj hva som måles innen hvert fagområde (Lie mfl 2001:11, Kjærnsli mfl 2004:14).

I definisjonen av de tre kunnskapsområdene har det blitt lagt vekt på kunnskaper og ferdigheter som man antar blir viktige for unge mennesker for å kunne spille en konstruktiv rolle i samfunnet. Det er mer fokus på hva som er nyttig å kunne enn på fagspesifikke og formelle sider ved fagene. Internasjonalt brukes begrepene *Reading literacy*, *Mathematical literacy* og *Scientific literacy*, på de tre områdene. Dette er begreper som vanskelig kan oversettes til norsk på en meningsfull måte; i Norge brukes derfor vanligvis begrepene lesing, matematikk og naturfag som betegnelser for disse tre kunnskapsområdene (Lie mfl 2001:11, Kjærnsli mfl 2004:14). Kompetansen som måles innenfor naturfagområdet kalles naturfagkompetanse eller naturfaglig allmenndannelse.

Naturfagkompetanse (*scientific literacy*) vil si at det legges vekt på hvordan naturfaglig kunnskap brukes i praksis og i møte med informasjon i for eksempel aviser og tidsskrifter. Det innebærer å kunne bruke sentrale naturfaglige begreper for å kunne forstå og bidra til å ta avgjørelser som har med naturens verden å gjøre. Naturfagene krever både at elevene har naturfaglige kunnskaper, og at de kan forholde seg til og resonnere ut fra konkrete situasjoner beskrevet i teksten. Det anvendes naturvitenskapelige begreper som har relevans både nå og i nærmeste fremtid.

Hva er viktig naturfaglig kompetanse for å fungere i morgendagens samfunn?

PISA-studiens definisjon av naturfagkompetanse med utgangspunkt i den generelle kompetansedefinisjonen i PISA, og i begrepet *scientific literacy*, er som følger:

Scientific literacy is the capacity to use scientific knowledge, to identify questions and to draw evidence-based conclusions in order to understand and help make decisions about the natural world and changes made to it through human activity (OECD 2000:76; OECD 2003:133).

I PISAs definisjon av *scientific literacy* brukes naturfaglig kunnskap på en måte som innebærer mye mer en kunnskap om fakta, navn og begreper. Det inkluderer en forståelse av fundamentale naturfaglige begreper og hvilke begrensninger naturfaglig kunnskap og naturvitenskapens egenart har. Samtidig innebærer det å gjenkjenne spørsmål som kan besvares ved naturvitenskapelige metoder, og også å gjenkjenne tilfeller som mangler tilstrekkelig informasjon til at man kan trekke endelige konklusjoner.

Når man skal forholde seg til resultatene fra PISA, er det viktig å holde fast på at utgangspunktet er en definisjon av hva som er viktig kompetanse. Dette kalles en substansiell definisjon av naturfaglig allmenndannelse, og den gjøres operasjonell gjennom oppgavene i PISA (Lie mfl 2001:66-67).

I PISAs rammeverk er oppgavene klassifisert etter tre sider ved naturfag:

- *Emneområder*
- *Kompetanser*
- *Kontekster*

Disse tre sidene av naturfag danner utgangspunkt for hele naturfagdelen av PISA-undersøkelsen. De to første var viktige under utviklingen av oppgaver og for å beskrive elevenes kompetanse.

Emneområder dreier seg om hvilke naturfaglige emner oppgavene handler om. Målet i PISA er imidlertid ikke å dekke en lang og detaljert rekke emner, men å beskrive i hvilken grad elevene kan anvende kunnskapen i en del relevante sammenhenger. Noen felles emneområder repeteres ved de ulike undersøkelsene. Emnene ble valgt fra områdene **Liv og helse, Jorda og miljøet** og **Teknologi**, både i PISA 2000 og i PISA 2003 undersøkelsene. I PISA 2006 var naturfag hovedemnet, og da ble et bredere utvalg av emner dekket.

Naturfaglige kompetanser er ifølge PISA mentale handlinger som anvendes for å utvikle, tolke og bruke data for å oppnå kunnskap eller forståelse. Man ønsker å se i hvilken grad elever kan anvende naturfaglig kunnskap, vite når den er relevant, kan trekke konklusjoner basert på data, og skille mellom spørsmål som kan besvares ved hjelp av naturvitenskap eller ikke. De tre naturfagkompetanser i PISA er definert slik:

- *Kompetanse 1: Beskrive, forklare og forutsi naturvitenskapelige fenomener*
- *Kompetanse 2: Forstå naturvitenskapelige undersøkelser*
- *Kompetanse 3: Tolke naturvitenskapelig evidens og naturvitenskapelige konklusjoner*

Kompetanse 1: Her må elevene bruke begrepsforståelse i en gitt situasjon, de må beskrive eller forklare fenomener ved hjelp av naturfaglige begreper.

Kompetanse 2: Elevene må kunne bestemme hvilke spørsmål som kan undersøkes ved hjelp av naturvitenskap, eller kunne foreslå spørsmål som kan undersøkes vitenskapelig. I tillegg må de kunne avgjøre hva som er nødvendig i naturvitenskapelige undersøkelser, som for eksempel hva som skal sammenliknes, hvilke variabler som skal kontrolleres, og hvilken informasjon som er nødvendig.

Kompetanse 3: Elevene vil kunne tolke eller begrunne naturvitenskapelige funn og konklusjoner og kunne anvende dem. Ut i fra oppgitte data kan dette være å velge mellom forskjellige konklusjoner eller å argumentere for eller mot en gitt konklusjon.

Kontekster, den tredje siden av naturfag, var viktig under utvikling av oppgaver for å sørge for at oppgavene til sammen var hentet fra et bredt spekter av virkelighetsnære situasjoner. Kontekstene skal være knyttet til elevenes hverdag, til skole, til arbeidslivet, til lokalsamfunnet eller til storsamfunnet. Til sammen skal naturfagoppgavene i PISA dekke alle disse ulike kontekstene (Grønmo mfl 2004:95-97).

PISA-prosjektet fokuserer altså på hvor godt elevene er forberedt til å møte de utfordringer som venter i morgendagens samfunn.

5.4 TIMSS og PISA og L 97

Etter å ha sett på TIMSS og PISA i en historisk og internasjonal kontekst, er det nå interessant å se på TIMSS og PISA i lys av den norske læreplanen L 97. Dette blir å gå inn i *nivå 1*, ”systemet” i norsk kontekst.

Oppgavene i TIMSS er blitt laget med utgangspunkt i deltakerlandenes læreplaner og basert på en betydelig grad av enighet om hva som anses som en viktig del av skolens naturfag. Rammeverket viser at undersøkelsen dekker over et vidt spekter av faglige emner og typer av kognitive ferdigheter innenfor naturfag, og det gjelder også innen del-områder av dette. TIMSS 1995 og 2003 har hatt søkelys på i hvilken grad undersøkelsene stemmer overens med henholdsvis M 87 og L 97 for Norges vedkommende, når det gjelder faglige mål og prioriteringer (Lie mfl 1997). Men en internasjonal undersøkelse må nødvendigvis strebe etter å dekke mer enn det som er felles for alle lands læreplaner, og følgelig vil elever i alle land møte utfordringer de ikke har møtt i undervisningen tidligere. Målet er at utvalget av emner og oppgavetyper fremstår som ”like urettferdig for alle land” (ifølge et vanlig, men uoffisielt slagord). Slik sett er det vanskelig å se at TIMSS-testene på noen spesiell måte har gitt fordeler eller ulemper for norske elever (Grønmo mfl 2004:28-29).

Den utviklingen som har skjedd i de utarbeidete, videreførte rammeverkene for TIMSS fra 1995 gjennom 1999 til 2003, gjenspeiler endringer i fagdidaktiske tanker og teorier av hva som burde bli testet. Både læreplanene og TIMSS-undersøkelsen har vært påvirket av de til enhver tid rådende fagdidaktiske syn og den utviklingen som der finner sted. Det er blitt hevdet med tyngde av de ansvarlige at undersøkelsene representerte et relevant utgangspunkt for å måle norske elevers faglige nivå i 2003 og endringen i nivå siden 1995 (Grønmo mfl 2004:28-29).

Hvordan forholder PISAs vektlegging av naturfaglig allmenndannelse seg til den norske læreplanen? I L 97 påpekes det at et forskningsbasert samfunn risikerer å bli stadig mer teknologidrevet. Strømmen av teknologiske funn og fakta krever bred kunnskap om en skal unngå ”vitenskapelig analfabetisme”, manglende evne til å skjønne hva ord som ”ozonlag” eller ”drivhuseffekt” betyr, eller hvilke sosiale konsekvenser det innebærer. Læreplanens bruk av begrepet ”vitenskapelig analfabetisme”, som tydelig er en oversettelse av det engelske ”to be scientific illiterate”, er et uttrykk som går igjen i fagdidaktisk litteratur i naturfag. Vitenskapelig analfabetisme kan sies å være synonymt med mangel på *scientific literacy*. Dette tyder på at L 97 også ser behovet for naturfaglig allmenndannelse som et sentralt mål for opplæringen i norsk grunnskole. PISA-undersøkelsenes vektlegging av nettopp naturfaglig allmenndannelse blir slik sett meget relevant i forhold til norsk skole, og resultatene fra PISA vil derfor gi en pekepinn om hvor godt dette sentrale målet i læreplanen er oppnådd (Lie mfl 2001:70, Kjærnsli mfl 2004:114).

5.5 Karakteristiske trekk

Det finnes både likheter og ulikheter mellom PISA- og TIMSS-undersøkelsene. En viktig forskjell er elevenes alder i de to undersøkelsene. I PISA består populasjonen av 15-åringer, mens den populasjonen i TIMSS det er mest naturlig å sammenlikne med, er 13-åringer. En

annen viktig forskjell er at det var ulike land som deltok i de to undersøkelsene. De internasjonale gjennomsnittene i PISA og TIMSS kan derfor ikke sammenliknes direkte. I TIMSS er det mange flere lavt presterende land som deltar, og dette vil trekke gjennomsnittet noe ned. I PISA er det bare medlemslandene som teller med i beregningene av et OECD-gjennomsnitt.

De to undersøkelsene måler også ulike områder, og oppgavene er valgt ut fra forskjellige premisser. I TIMSS er utgangspunktet det stoffet som er felles for læreplanene i de ulike deltakerlandene, og det tas sikte på å måle så "rettferdig" som mulig *det som undervises* i naturfag i de fleste deltakerlandene (Lie mfl 2001:70). I PISA, derimot, tas det utgangspunkt i hva slags kompetanse som er viktig for elevene for at de skal kunne delta i morgendagens samfunn. En gjennomgang av likheter og forskjeller mellom de to prosjektene er gitt av Harlen (2001) og Olsen (2004).

PISA og TIMSS er altså utviklet med forskjellige siktemål, og når en skal sammenlikne resultatene, er det viktig å ha klart for seg at de to undersøkelsene ikke måler den samme typen naturfagkompetanse. "Naturfag" i TIMSS og PISA er slik sett ikke det samme. Analyser som tar utgangspunkt i det som er forskjellig i de to undersøkelsene, vil likevel kunne gi verdifulle bidrag til en mer helhetlig vurdering av naturfaget. Både TIMSS og PISA består av regelmessige undersøkelser, noe som gi muligheten til å studere tendenser over tid (Kjærnsli mfl 2004:113-114).

5.6 Metode for studien

Til vanlig skilles det mellom to hovedkilder for data som forskeren kan basere undersøkelsen på. For det første kan data være samlet inn spesielt for formålet med denne ene studien, og dataene ville ikke ha eksistert om ikke undersøkelsen var blitt gjennomført. Den andre hovedkilden er data som allerede foreligger eller ville blitt frembrakt uavhengig av denne forskerens medvirkning (Hellevik 2002:100). Og det er dette som er tilfelle her.

I både TIMSS og PISA undersøkelsene forelå dataene allerede før min tid. Utvalget er tatt ut for å være representativt for populasjonen. Og representativitet er et viktig kriterium ved denne typen undersøkelser. Prosentandelen av riktige svar vil kunne si noe om hvilke ideer elevene har i geofag. Ved å sammenholde enkelte kategori-grupper går det an å se etter om det finnes tendenser til divergerende kunnskapsnivåer for forskjellige geofaglige temaer i TIMSS. Gjennom oppgavene i PISA måles den operasjonelle definisjonen av det man i testteoretisk sammenheng kaller en substansiell definisjon av naturfaglig allmenndannelse.

Det er en akseptert påstand at problemstillingen bør bestemme metoden. Det differensieres derfor mellom ulike typer undersøkelser. Et viktig skille går mellom på den ene siden en eksplorerende/ formulerende/ beskrivende undersøkelse og på den andre siden et forklarende undersøkelses-opplegg (Hellevik 2002:88).

I den beskrivende studien vil forskeren foreta en grundigere og mer systematisk studie av enhetene, og i noen tilfeller konsentrere seg om å gi en mest mulig nøyaktig beskrivelse av ulike trekk ved et bestemt fenomen eller flere fenomener.

Et forklarende undersøkelses-opplegg er vanligst når det foreligger forholdsvis omfattende kunnskaper om emnet for undersøkelsen, og forskere også vil forsøke å påvise årsaker til oppdagede mønstre (Hellevik 2002:88).

Denne studien ser ikke på hvorfor kunnskapen er god eller mangelfull. Men to-delingen av hovedoppgaven har gitt meg muligheten, i den første delen, gjennom læringsteoriene, å se på

hvordan læring kommer i stand; og i den andre delen hvilken læring som har kommet i stand – Den resulterte (*achieved/ attained*) læreplan. Når kunnskap mangler har den kanskje ikke kommet i stand. Slik sett gir læringsteoriene en indirekte belysning av fenomenet. Studiens anliggende er jo hvorvidt læring av utvalgte geofaglige emner har funnet sted – og i hvilken grad – og eventuelt hvilke tendenser som speiles.

En beskrivende undersøkelse kan ses å ha tre forskjellige variasjonsmuligheter: Den første er beskrivelse av strukturer eller fenomener. Den andre er beskrivelse av fordelinger av ulike funn. Den tredje er beskrivelse av forskjellige typer av forandringer.

I lys av denne inndelingen er dataene jeg bruker i seg selv: fordelingen av ulike funn – riktig svar på ulike geofaglige spørsmål. Med disse dataene søker jeg å beskrive et fenomen – elevers oppfatning av geofaglige spørsmål – og se om det finnes noen spesielle mønstre eller strukturer på hvordan ulike emner fordeler seg mht riktig svar.

Ved selvutfylling av spørreskjemaet brukes betegnelsen *enquete*, presisert til *gruppeenquete*, når den som svarer befinner seg i en gruppesammenheng som for eksempel en skoleklasse. Innsamlingsmetoden brukt ved TIMSS og PISA undersøkelsene kommer derfor i kategorien *gruppeenquete* (Hellevik 2002:104). Flere respondenter svarer da på spørreskjemaet hver for seg, under oppsyn av en forsker. Den situasjonen en har når spørsmålene stilles, er det som skiller mellom ulike former for intervjuer og *enqueter*.

Tradisjonelt har det gått et skille mellom den kvalitative og den kvantitative forskningsmetode. Og disse to typene er ofte stilt opp i motsetning til hverandre. I de fleste tilfeller der kvalitative og kvantitative metoder stilles i motsetning til hverandre, foreligger det et skinnproblem. Uttrykkene kvalitativ og kvantitativ brukes i en rekke forskjellige betydninger, som til dels har en nokså fjern forbindelse med hverandre. Fordi samme begrepspar blir brukt til å dekke mange saksforhold, blir det lett skapt en illusjon om at vi har å gjøre med to klart definerte ”metoder”. Begrepet metode oppfattes da i sterk forstand, som et sammenhengende sett av regler for innsamling, bearbeiding og tolkning av data (Engelstad i Dale mfl 1985:7).

I samfunnsforskning og pedagogikk har begrepene kvalitativ og kvantitativ vært brukt i minst ni forskjellige betydninger, her nevnes seks, nemlig for å skille mellom:

- 1) Utforskning av enkelttilfeller i motsetning til undersøkelser som omfatter mange enheter.
- 2) Ustrukturerte intervjueteknikker i motsetning til strukturerte spørreskjemaer.
- 3) Undersøkelser som sikter mot å kartlegge klassifikasjoner og kategorier i motsetning til numeriske opptellinger.
- 4) Framstillingsformer som bruker et verbalt språk i motsetning til et matematisk språk.
- 5) Analyse av variabler på nominalnivå i motsetning til ”høyere” målenivåer.
- 6) Analyser som utføres ved hjelp av papir og blyant i motsetning til maskinell databehandling.

Disse begrepsskillene er til dels overlappende, men ingen av dem er identiske. Det finnes ikke noen ”metoder” som innbefatter alle disse betydningene, hva enten det gjelder den kvalitative eller den kvantitative siden (Engelstad i Dale mfl 1985:8). Dale og medarbeidere (1985) argumenterer, i boka ”*Metode på tvers: Samfunnsvitenskapelige forskningsstrategier som kombinerer metoder og analysenivåer*”, for at ulike analyse-teknikker kan kombineres for best mulig å kunne belyse aktuelle problemstillinger.

På samme måte argumenterer Angell og medarbeidere (2000) i forbindelse med TIMSS-studiens bruk av både flervalgsoppgaver (*multiple-choice*) og åpne (*free-response*, FR) oppgaver:

Our position is that quantitative and qualitative approaches for probing students' thinking should be used together in a combined approach rather than in opposition. We will argue that coding and analyzing FR items in TIMSS does represent a link between the two approaches (Angell et al 2000:160).

Kunnskapstestene i TIMSS og PISA inkluderer både MC og FR oppgaver. Disse til sammen er en rik kilde til innsikt i hvordan elevene tenker, deres forståelse av begreper og typen av misforståelse. Vi kan hente ut informasjon både om: "hvor mye vet de?" og "hva vet de?".

Dette foreligger i form av mange og lange kolonner med tall, nemlig resultatlistene fra TIMSS og PISA. Her håper jeg ikke kun å rapportere resultatene ved hjelp av måleskalaer, men også:

... å tilordne slike skalaer meningsfulle verbale beskrivelser, altså å forankre tallene på skalaen til meningsfulle utsagn (Olsen 2000:1).

Og dette er denne studiens anliggende m h t geofaglig viten og naturfaglig allmenndannelse.

5.7 Validitet og reliabilitet

For vurdering av de måleinstrumentene som forskerne bruker er det nødvendig å anvende visse kriterier. De to viktigste kriteriene for testmålene er validitet og reliabilitet.

Validitet er begrepet som brukes for å si noe om hvor adekvat en vurdering, eller skåre, er med hensyn til hva den hevder å måle. Validitet refererer derfor alltid til noe utenfor selve testen, for eksempel til mål i en læreplan, praktiske ferdigheter, eller psykologiske konstrukter. I validerings-prosessen til en test, samler man evidens for å underbygge de slutninger man trekker.

Ved en oppsummering av viktige aspekter ved validitetsbegrepet hører disse med: Validitet trekkes ut fra tilgjengelig evidens; avhenger av mange typer evidens; uttrykkes ved grad (høy, middels, lav); er avhengig av hva resultatet skal brukes til; refererer til slutningene som gjøres, ikke instrumentet; dreier seg om konsekvensene ved bruk av vurderingene (Gronlund 1998:201).

Validitet kan drøftes ut fra ulike analytiske oppdelinger av begrepet. Ved kvalitative undersøkelser refereres det til indre og ytre validitet. Og ved kvantitative målinger er det gjerne tre sider ved validitet som vurderes: Innholdsvaliditet, Kriterievaliditet, Konstruktvaliditet (Konstrukt = mål for et abstrakt begrep) (Ary mfl 1996). Disse må ikke betraktes som tre kvalitativt ulike former for validitet, men er å forstå som ulike typer validitets-evidens.

Validity is a single, unitary concept that is based on various forms of evidence: content-related evidence, criterion-related evidence, construct-related evidence (Gronlund 1998:201).

Innholdsvaliditet refererer til i hvilken grad det er mulig å trekke slutninger fra resultatene til testen til emneområdet som oppgavene i testen er ment å dekke. Vurderingene som gjøres er av kvalitativ karakter, og ved vurderinger gjennomført av flere personer vil intersubjektiv enighet styrke graden av innholdsrelatert validitet.

Kriterievaliditet er forholdet mellom en testscore og et ytre kriterium, det vil si hvor godt stemmer resultatet med et ytre kriterium. I noen tilfeller vil det være mulig å beregne korrelasjonen mellom dette ytre kriteriet og den oppnådde testscoren. Denne målbare størrelsen kalles for **validitetskoeffisienten** og brukes som støtte for slutningene som trekkes av tallmaterialet.

Konstrukt-/ Begrepsvaliditet dreier seg om å etablere meningen til testscoren, dvs å identifisere det psykologiske trekket som for eksempel "positiv holdning til naturfag" eller "dyktighet i geofag". Stemmer undersøkelsen med andre mål for det samme, eller måler den for mye av noe annet. I naturfagdelen av PISA-undersøkelsen er "scientific literacy" det sentrale begrepet. Og det er verdt å merke seg at begreper gis mening ved å valideres.

Reliabilitet refererer til hvorvidt en elevs totale skåre ville blitt den samme om man gjentok testen under helt like forhold, eller benyttet en parallell alternativ test. Begrepet er knyttet til ønsket om at resultatene fra en test skal være reproduerbare og konsistente (Ary mfl 1996). Det dreier seg altså om testens pålitelighet, stabilitet og konsistens. Og reliabiliteten skal være et mål for at innslaget av tilfeldige målefeil er lavt.

En reliabilitetskoeffisient defineres som korrelasjonen mellom skårene på to parallelle tester eller to halvdeler av en test ("split-half"-metoden). Denne beregningen gjøres for å finne ut om elevene svarer konsistent på en test. Cronbachs alfa er en standard metode for reliabilitets-beregning, og kan betraktes som gjennomsnittet av alle mulige "split-half"-koeffisienter (Angell 1996:85).

Sensorreliabilitet er en faktor som vil kunne influere på reliabiliteten til en test. Den betegner i hvilken grad det er samsvar mellom to eller flere sensorer som retter en test.

Oppgavetyperne i testen er med på å avgjøre hvor høy sensorreliabiliteten blir.

Flervalgsoppgaver gir langt høyere sensorreliabilitet enn åpne oppgaver. Og dette er en av grunnene til at store internasjonale undersøkelser foretrekker å gjøre utstrakt bruk av disse flervalgsoppgavene.

Både i TIMSS og PISA benyttes også åpne oppgaver i tillegg til flervalgsoppgaver, og oppgaver som krever et kort, gitt svar. Det gjøres mye for å sikre at sensorreliabiliteten blir optimal i disse store internasjonale undersøkelsene. Det arrangeres treningssamlinger med representanter fra alle deltakerland, det utarbeides retningslinjer knyttet til rettingen av oppgavene, og det gjennomføres reliabilitetsstudier. For dersom en test har lav reliabilitet kan den heller ikke ha høy validitet og er i prinsippet ubrukelig.

I min studie benytter jeg meg av allerede foreliggende data, nemlig tallmaterialet som er resultater i TIMSS- og PISA-undersøkelsene. Jeg gjør derfor ikke selv tilrettelegging og analyser for å sikre dataenes validitet og reliabilitet. Dette er utført forut for, under og etter datainnsamlingene. Men det er viktig for meg å få frem hvilket omfattende arbeid som ligger i bunnen for innsamlingen av gyldige testskårer i slike store internasjonale undersøkelser – for å skape et helhetlig bilde av materialet.

5.8 Metodekritikk

I store komparative internasjonale undersøkelser er det ideelt sett nødvendig med høy reliabilitet og samtidig må man kunne hevde at de slutninger som trekkes ut fra anvendelsen av testen også har høy validitet. En ensidig eller utstrakt bruk av flervalgsoppgaver kunne redusere validiteten til slutningene man trekker av resultatskåren til testen. Men det at det da blir mulig å ha med mange oppgaver øker muligheten for å oppnå en høy sensorreliabilitet

og høy reliabilitet i det hele. Skulle man ønske å undersøke et konstrukt der formuleringsevne er viktig, vil åpne oppgaver egne seg best. Dette vil kunne styrke validiteten, men ulempen er at sensorreliabiliteten blir lavere.

Fra faglig kompetent hold har det blitt reist kritikk om at flervalgsoppgave-testene har begrenset verdi, fordi de bare måler utvalgte og smale deler av elevenes kunnskaper, og at de i liten grad fanger opp prioriterte mål i de enkelte deltakerlands læreplaner, så som evne til å formulere seg skriftlig, kommunisere sine kunnskaper muntlig, samarbeidsevner, refleksjon og kritisk tenkning. Denne kritikken kan synes å ramme TIMSS i større grad enn PISA. Men både i TIMSS og PISA brukes varierte og ulike oppgavetyper. Dessuten er PISA-oppgavene ikke knyttet opp mot deltakerlandenes læreplaner, men har *scientific literacy* som sin agenda, og unngår derved til en viss grad å bli rammet av en slik kritikk.

Kritikken som har blitt reist mot den utstrakte bruken av flervalgsoppgaver i denne typen undersøkelser, har ikke stått uimotsagt. Forsvarerne hevder da at flervalgsoppgaver, såfremt de brukes riktig, kan være utmerkede diagnostiske redskaper for identifisering av elevers begrepsmessige forståelse, særlig om de blir bedt om å begrunne sine svar. Olsen og medarbeidere (2001) hevder i forlengelsen av denne argumentasjonen at flervalgsoppgaver til en viss grad:

... reflect a Vygotskian perspective of knowledge. If a question is stated and the student is left alone to answer this question in his or her own words there is a possibility that some misunderstanding will occur. By giving response alternatives, the student is provided with additional information on how to interpret the question. In this sense, the distractors have the same function as a conversation partner, hindering some of the possible misinterpretations (Olsen et al 2001:408).

Med referanser til empiriske studier utført i Norden, konkluderes det med at det ikke er grunn til å anta at åpne oppgaver systematisk avdekker elevers kognitive forståelse på en bedre måte enn gode flervalgsoppgaver (Gisselberg mfl 1996 i Bergem 2002:52). Det påpekes derimot at det er et komplekst samspill mellom karakteristiske trekk ved oppgavene og elevsvar. Fortrinnet med gode flervalgsoppgaver i forhold til åpne oppgaver, er altså at de bidrar til å gi tester høy reliabilitet, samtidig som de kan gi god diagnostisk informasjon (Olsen mfl 2001 i Bergem 2002:52).

Og videre mener Olsen og medarbeidere (2001) at det er viktig å ha langt sterkere fokus på den potensielle diagnostiske informasjonen i benyttede oppgaver, og at dette diagnostiske perspektivet bør bli ansett som en integrert del av forskningsmålene i fremtidige internasjonale stor-skala undersøkelser (Olsen mfl 2001:417).

I et diagnostisk perspektiv vil analyser av de alternative svarene kanskje være det viktigste. Det er på den måten en kan skaffe seg innsikt i elevers forestillinger, og ikke minst eventuelle alternative forestillinger eller intuitive ideer. Dette er avhengig av at oppgavene er konstruert med dette siktemålet, og at distraktorene er i stand til å fange opp og gi informasjon om elevers forståelse og kunnskaper. Den faglige forankringen må være sterk for at oppgavene skal kunne fungere etter hensikten (Angell mfl 1999:13-14).

Her er mitt anliggende å se på elevenes dyktighet i Geofag og deres naturfaglige allmenndannelse innen **Jorda og miljøet** fra et perspektiv på samlet kunnskap. Og så å trekke frem diagnostisk informasjon om elevtenkning ut fra resultater på enkeltoppgaver i bare noen enkelte tilfeller.

Jeg begrenser meg til å se på prosentandelen av rett svar for de enkelte oppgavetyperne innen geofagene, for å få frem styrke og svakheter i forskjellige emne-områder hos de norske

elevene, og dertil bruke resultater fra andre land med internasjonale gjennomsnitt som interessante referanser.

6. Resultater

6.1 Oppgavene i TIMSS og PISA

I dette kapittelet, kapittel 6, presenterer og kommenterer jeg oppgave-resultatene fra de norske elevenes kunnskapsprestasjoner i de geofaglige spørsmålene i TIMSS 1995, TIMSS 2003 og PISA 2000 og PISA 2003. For å ha en relevant og interessant målestokk, et speil, sammenliknes de norske resultatene, det vil si prosentandelen rett svar på hvert enkelt spørsmål med tilsvarende resultat hos de svenske elevene, det nordiske gjennomsnittet og det internasjonale gjennomsnittet.

Det internasjonale gjennomsnittet er å betrakte som den viktigste referansen. Men det må anses som relevant også å sammenlikne de norske elevenes ferdigheter med resultater fra de øvrige nordiske landene, og de nordiske landenes gjennomsnitt der dette er mulig. Det er mange gode grunner til dette. Og hos Lie og medarbeidere (2001) begrunnes dette blant annet ut fra felles trekk som enhetsskoletanken som kjennetegner de nordiske lands skolesystemer. I tillegg er det også mange andre kulturelle fellestrekk, blant annet språklige, og dertil en nærhet i geografisk beliggenhet som gjør dette interessant.

I TIMSS 1995 deltok de nordiske landene Norge, Sverige, Danmark og Island, men ikke Finland. Imidlertid var det bare to nordiske land som deltok i TIMSS 2003, nemlig Sverige og Norge. Sverige valgte ved den anledning å teste elever som både var ett år eldre enn de norske elevene og hadde ett års lengre skolegang. Dette fører til at sammenlikningen mellom svenske og norske elever her blir problematisk. Når jeg likevel velger å ta med denne sammenlikningen som en referanse, må disse forhold tas med i betraktningen.

Sverige er vårt nærmeste naboland. Et nært kunnskapsfellesskap mellom Sverige og Norge ble dokumentert i TIMSS 1995, Populasjon 3, for sub-populasjonen av fysikk-spesialister, dvs realistene i videregående skoler. Her hadde Norge og Sverige svært like gjennomsnittsprestasjoner i fysikk, og dessuten betydelig bedre enn noen av de andre deltakerlandene (Angell mfl 2000:174).

Mange av de geofaglige spørsmålene i alle de fire internasjonale testene er nær beslektet med miljøspørsmål, faktisk på en slik måte at det kunne ha vært interessant å se dem både hver for seg og i sammenheng. Men i TIMSS 1995 og 2003 er kategoriene tydelige, og det vil bli for omfattende og ta besvarelsene i miljøoppgavene som et tillegg ved denne anledning. I PISA er geofaglige oppgaver med problemstillinger som angår miljøet integrert på en måte som gjør det vanskelig og uhensiktsmessig å isolere disse emnene fra hverandre; og ofte inngår de som del-spørsmål innenfor en helhetlig oppgave-kontekst.

Testen som brukes for å måle naturfagkompetansen i PISA består av en rekke oppgave-enheter som hver dreier seg om et bestemt problemområde eller tema. Hver oppgaveenhet består av flere enkeltoppgaver, men som oftest tar de utgangspunkt i en situasjon, en tekst, tabell figur eller liknende (Kjærnsli mfl 2004:112).

Naturfagoppgavene i PISA 2000 og 2003 var først og fremst hentet fra de tre emneområdene nevnt tidligere, men her er det **Jorda og miljøet** det dreier seg om. Oppgavene er knyttet til ulike kontekster slik elevene kan møte dem i hverdagen. De omhandler alle situasjoner fra det virkelige liv, og de er hentet fra en autentisk kilde. Det er to hovedtyper av

oppgaveformater i naturfagteksten, flervalgsoppgaver og åpne oppgaver, som krver at elevene selv skriver svaret, kort eller langt.

Det som måles er naturfaglige kompetanser: prosesskompetanse og begrepskompetanse. Man ønsker å se i hvilken grad elever kan anvende naturfaglig kunnskap, om de kan vite når naturfaglig kunnskap er relevant, om de kan trekke konklusjoner basert på data, og om de kan skille mellom spørsmål som kan besvares ved hjelp av naturvitenskap eller ikke. Begrepsforståelse og prosesskompetanse fordeler seg omtrent likt i oppgavene, og nesten likt når det gjelder oppgaveformatene.

Naturfagoppgavenes vanskelighetsgrad varierer etter hvor kompliserte begreper som er brukt, mengden av data som er gitt, og hvor høye krav til resonnering som stilles, samt graden av presisjon som kreves. I tillegg har konteksten, oppgaveformatet og måten spørsmålene er presentert på også en betydning (Kjærnsli mfl 2004:111).

6.2 TIMSS 1995

Først litt om elevprestasjoner i naturfag generelt fra TIMSS-undersøkelsen i 1995. Jeg vil så bruke data fra undersøkelsen for å belyse noen elevprestasjoner i geofaglige spørsmål.

I boka: "Hva i all verden skjer i realfagene? Internasjonalt lys på trettenåringers kunnskaper, holdninger og undervisning i norsk skole" av Svein Lie og medarbeidere (1997), foreligger en oversikt og presentasjon av noen av resultatene fra denne internasjonale undersøkelsen, en såkalt primær analyse. Noen få av spørsmålene fra kategorien Geofag er tatt med i denne rapporten. Men jeg har gått til det som samlet foreligger av data fra geofag-spørsmålene for å få en mer fullstendig oversikt.

I TIMSS 1995 presterer norske elever omtrent som gjennomsnittet i naturfag sett i en samlet vurdering. Og i Lie (mfl 1997:82) i tabell 4.2 foreligger de norske (N) resultatene for alle naturfagkategoriene sammen med de internasjonale (Int) for hvert klassetrinn. Resultatene er gjengitt i form av gjennomsnittlig prosent riktige svar for alle oppgavene. På øverste klassetrinn er differansen mellom det norske resultatet og det internasjonale størst for Geofag: Norge 61% - Int 55% = 6%. Mens totalt for alle naturfagkategorier under ett er resultatet: Norge 58% - Int 56% = 2%. Norske elever kan forholdsvis mye i geofagene, og framgangen fra 6. til 7. klasse (overgang til ungdomsskolen) er særlig sterk her. I naturfag kan vi for de nordiske landene nesten snakke om en "nordisk profil" selv om landene ikke følger hverandre helt. Sverige og Norge ligger forholdsvis tett sammen og øverst, mens Danmark og Island følger hverandre nærmest parallelt, med danske resultater like over de islandske. (Se figurene 4.1 og 4.2 i Lie mfl 1997:83).

Kategorien Geofag, på engelsk *Earth Science*, består av fagene eller emnene astronomi, geologi, geofysikk, meteorologi og naturgeografi. I denne kategorien var det 23 oppgaver (22 Geofag + 1 Miljø [R4]) som skulle besvares. I følge Mønsterplanen (M 87) for 4.-6. klasse får geofagene en bred dekning i hovedemnet "Verden rundt oss". Selv om geofaglige emner totalt har liten plass i naturfag i ungdomsskolen, har det vært vanlig å legge nokså mye vekt på "Vårt fysiske verdensbilde" og "Vær og klima" i 7. klasse. Norske elevers resultater likner på de svenske, med best styrke i Geofag.

Det interessante nå i denne sammenheng blir å studere "kunnskapsprofilene". Hvor mye kunnskaper har elevene demonstrert innenfor de enkelte del-emnene innenfor Geofagene? Ved å sette opp en slik "kunnskaps-elv" kan vi sammenlikne norske elever med det internasjonale gjennomsnittet som hovedreferanse, og med det internasjonale maksimums-

og minimums-resultatet i ytterkantene. Som en elv omkring det internasjonale gjennomsnittet ligger de nordiske maksimums- og minimums-resultatene og danner en elvebredd på hver side. Dette er de nordiske resultater unntatt Norge, siden Norge ligger separat som en egen heltrukken, omslyngende tråd.

Min figur 1 med en graf for kunnskapsprofilen TIMSS 1995 er en gjenskapelse av figur 4.3 i Lie og medarbeidere (1997), men med litt ekstra informasjon i form av emne-numrene for naturfagkategoriene (Se vedlegg 9, *Detailed Science Framework Categories*). Figur 1 viser norske i forhold til internasjonale resultater med prosentandel riktige svar (vertikal-aksen til venstre) for alle oppgavene (langs horisontal-aksen) innen emnet Geofag. Norske resultater er angitt med hel-trukken svart linje, mens de prikkete kurvene angir det internasjonale maksimum, gjennomsnitt (tykk) og minimum for hver oppgave. De stiplete kurvene mine representerer de nordiske maksimums- og minimums-resultater; feltet i mellom disse er angitt som en "blå elv" hos Lie med flere (1997:84). Slik får vi et bilde av hvordan de norske resultatene, oppgave for oppgave, ligger internasjonalt, og i forhold til våre nordiske naboland (Lie mfl 1997:85). Organiseringen av oppgavene går fra den beste internasjonale gjennomsnitts-besvarelsen helt til venstre og fallende nedover mot høyre til dårligste internasjonale gjennomsnitt.

Oppgaver er valgt ut med det for øyet at de til sammen skal vise noe av spennvidden i testen, samtidig som typiske og/ eller viktige trekk ved norske elevers kunnskaper blir belyst. Noen oppgaver er frigitt og der kan oppgavetekstens ordlyd gjengis presis. Andre oppgaver (A-H) er holdt tilbake, men det er greit å trekke frem noen resultater fra båndlagte oppgaver uten å gjengi teksten eksplisitt (Lie mfl 1997:84).

6.2.1 De beste norske besvarelsene i TIMSS 1995

Geofag-kategorien dekker, som nevnt, også astronomiske emner (stjerner, solsystemet og Jorda som planet), og av de oppgavene der norske elever gjør det best, kategori 1.3 **Jordas plass i solsystemet og universet**, dreier de fleste seg nettopp om dette (Lie mfl 1997:85).

Den henvises til min figur 1 i vedlegget, kunnskapsprofilen for TIMSS 1995.

Først skal vi se på den gruppen av oppgaver der Norge gjør det best. Oppgavene der norske elever gjør det aller best i forhold til det internasjonale gjennomsnittet er følgende fire: W2 (Norge – Internasjonalt gjen. = 20,9 %); O14 (Norge – Int. gj. = 18,7); R4 (Norge – Int. gj. = 18,1); Q16 (Norge – Int. gj. = 16,5). I fortsettelsen benevner jeg internasjonalt gjennomsnitt med Int og differansen Norge – Int med forkortelsen diff Int og Nordisk gjennomsnitt med forkortelsen Nord. Vi skal se litt nærmere på disse fire oppgavene og noen andre.

Jorda i solsystemet og universet, kategori 1.3.:

Oppgave O14, kat. 1.3.1 (Norge 76% , Int 57%, diff Int 19%, Nord 74%) er en åpen oppgave om avstander i solsystemet. Oppgaveteksten er: *Sola er større enn månen, men når du ser på den fra Jorda, ser de ut til å være omtrent like store. Forklar dette.* På denne åpne oppgaven skårer ikke bare norske elever, men elever fra alle de nordiske land klart høyere enn middels: Sverige (rett svar 79%), Danmark (71%) og Island (71%). Riktig svar krever at elevene kunne referere til at sola ligger lengre borte enn månen (Lie mfl 1997:85).

Oppgave Q16 kat. 1.3.3 (Norge 43%, Int 27%, diff Int 17%, Nord 31%) er en flervalgsoppgave. Denne oppgaven har også med avstander i verdensrommet å gjøre, men denne gangen i større dimensjoner, nemlig avstand til nærmeste stjerne: *Hvor lang tid bruker lyset fra nærmeste stjerne (utenom sola) til Jorda?* A: Mindre enn ett sekund, B: Omtrent en time, C: Omtrent en måned, D: Omtrent 4 år (D er riktig).

Oppgaven falt tydeligvis vanskelig i de fleste land. Den refererer til avstander i rommet med lyset som målestokk (avstanden er omtrent 4 lysår). Hvis ikke dette har vært undervist, eller hvis elevene ikke har hørt om det på annen måte, er det nesten umulig å resonnerer seg til riktig svar her. (Skjønt noen tenker kanskje at siden stjernene er så langt borte så må den lengste tiden være riktig?) Astronomiske emner får vanligvis en viktig plass i naturfagundervisningen i 7. klasse (M 87), så norske elever kan mye om dette, ja mer enn noe annet land: Best i verden! Men også svenske (37%) og danske (36%) elever skårer høyt på denne oppgaven, mens islandske (21%) elever skåret lavere på denne oppgaven.

Oppgave H3, kat. 1.3.1 (Norge rett svar 90%, Int 81%, diff Int 10%, Nord 82%) er en flervalgsoppgave. Denne oppgaven viser oss at norske elever i langt høyere grad enn vanlig vet at månen lyser med reflektert lys fra sola. Gjennomgående ser det ut til at norske elever kan mer om solsystemet og verdensrommet enn gjennomsnittet. Det samme kan sies om svenske elever (91%), men ikke i samme grad om danske (77%) eller islandske (79%) elever.

Jordas prosesser, Kategori 1.2.: Vannets kretsløp, vær og klima.

Av de tre oppgavene om vær og klima finnes det én (W2 med 72% rett svar) der norske elever skårer særlig høyt i forhold til de andre, og én (E9 med 79% rett svar) der Norge skårer høyt, men i takt med andre land.

Oppgave W2, kat. 1.2.2 (Norge rett svar 72%: alle med 1 eller 2 poeng, Int 51%, diff Int 21%, Nord 56%) er en åpen oppgave. Her skårer de norske elevene nesten helt opp mot den internasjonale maksimumsskåren, og med maksimal avstand (21%) over det internasjonale gjennomsnittet, og stor avstand (16%) over det nordiske gjennomsnittet. Oppgaven handler om vannets kretsløp på Jorda. Oppgavens tekst er: *Tegn en tegning som viser hvordan vann som faller som regn et sted, kan komme fra et annet sted langt borte.* For å få ”fullt hus”, 2 poeng, på denne oppgaven ble det krevd at hele syklusen kunne identifiseres på tegningen i form av de følgende tre prosessene: 1. fordampning av vann, 2. transport av skyer, og 3. nedbør et eller annet sted. Hvis et av disse aspektene manglet, ble det gitt delvis riktig, 1 poeng. Resultatene for de andre nordiske landene: Sverige (rett svar 63%), Danmark (53%) og Island (50%). Norske elever kan mye om dette; vær og særlig nedbør har norske elever god greie på.

En interessant misoppfatning skal nevnes spesielt (Lie mfl 1997): Av de ca 10% som ikke har tegnet fordampning av vann, er det mange som i stedet har tegnet at skyene kommer fra røyken fra fabrikkpiper. De tror altså at det er røyk (istedenfor vanndamp) som gir opphav til skyene! Ellers er det mange (ca 20%) som *bare* har tegnet nedbør. Mange av disse har angitt med diagonale linjer at de mener at transporten over lange avstander skyldes at regndråpene blåser langt av sted. Noen tegner også at elvene frakter vannet av gårde (Lie mfl 1997:86).

Oppgave E9, kat. 1.2.1 (Norge rett svar 79%, Int 78%, diff Int 1%, Nord 80%) er en flervalgsoppgave med en tabell med meteorologiske data: dager, klokkeslett og temperaturer som inviterer til en vurdering av når det oppsto en værforandring, dvs ble kaldere vind. Norske elever skåret høyt, men det gjorde også de andre: Sverige (82%), Danmark (86%) og Island (72%) rett svar.

Jordas oppbygning, Kategori 1.1.: Atmosfæren, og Kategori 6.1.: Miljø

Oppgave R4, kat. 1.1.4/6.1 (Norge rett svar 71%, Int 53%, diff Int 18%, Nord 51%) er en åpen oppgave som handler om ozonlaget i atmosfæren. Oppgaveteksten: *Skriv ned en grunn til at ozonlaget er viktig for alt som lever på Jorda.* For å få riktig svar her, måtte elevene på en eller annen måte referere til beskyttelse mot (farlig) stråling og/ eller virkningen av

denne. Så mange som 71% norske elever beskriver i tillegg den farlige strålingen som UV (ultra-fiolett)-stråling. Som vi ser, skårer norske elever høyest på denne oppgaven, nesten høyest av alle landene. Andre nordiske resultater er: Sverige (69%), Danmark (29%) og Island (56%).

(For sammenlikningens skyld er det en fysikkoppgave J5, kat. 1.3.1 (Norge 81%, Int 68%, diff Int 13%, Nord 72%) om hvilken type solstråling som gjør oss solbrente, der norske elever også gjør det svært bra.) Dette bekrefter inntrykket av at norske elever var forholdsvis godt informert om farlig UV solstråling og hvordan vi beskytter mot solbrenthet.

Jordas prosesser, Kategori 1.2.: Forholdene på jord-overflaten.

Oppgave J1 kat. 1.2.2 (Norge 55%, Int 40%, diff Int 15%, Nord 37%) er en flervalgsoppgave som spør etter karakteristikker av Jordas overflate over lange geologiske tidsrom. Her skiller norske elever seg positivt ut i forhold til internasjonale svar, og også i forhold til nordisk gjennomsnitt.

Dette er et fundamentalt aspekt ved det vi kan kalle Jordas kontinuerlige endringer på overflaten. Det var livlige debatter på 1800-tallet før det geologiske paradigmet om "Jord-alderen" ble fastslått, nemlig at Jorda måtte være minst mange millioner år gammel. Bare ved å akseptere en så lang tidsskala kunne de observerte geologiske prosesser av langsom oppbygging og nedbryting brukes som en forklaring på jordoverflatens karakteristika eller morfologiske trekk. Det faktum at astronomisk evidens på 1900-tallet har strukket tidsskalaen ytterligere til noen milliarder år, er av mindre betydning for synspunktet her. Det viktige poenget er at det vi observerer som små og ubetydelige geologiske prosesser i løpet av et menneskeliv, kan (og gjør det kontinuerlig) både bygge opp fjellkjeder og bryte dem ned (Kjærnsli mfl 2002).

Oppgaveteksten: *Hva beskriver BEST Jordas overflate gjennom milliarder av år? A: En plan overflate blir gradvis løftet opp til høyere og høyere fjell helt til Jorda er dekket av fjell. B: Høye fjell brytes gradvis ned helt til det meste av Jorda er på havnivå. C: Høye fjell brytes gradvis ned, mens nye fjell hele tiden blir dannet, om og om igjen. D. Høye fjell og sletter har vært slik de er nå uten noen vesentlig forandring gjennom milliarder av år.*

Disse fire svar-alternativene gjenkjennes som "oppbygging" (A), "nedbryting" (B), det korrekte svar "oppbygging og nedbryting" (C), og den "statiske" tilstand (D) – svarene. Rett svar prosentandel: Norge 55%, Sverige 41%, Danmark 35%, Island 35%. Korea er best med 76% og Slovakia hakk i hel med 70%. Internasjonalt gjennomsnitt er 40% rett svar. Det som er bekymringsfullt er at et så grunnleggende geologisk paradigme som "den dynamiske Jorden" er forstått av så få elever mot slutten av obligatorisk skolegang. Selv om land har jordskjelv, vulkaner eller høye fjell med isbreer hjelper det lite for elevenes svar på dette spørsmålet. Det er tilhengere av ideen om "den statiske Jorden" overalt: Norge 24%, Sverige 34%, Danmark 32%, Island 44%, Sveits 31% og det internasjonale gjennomsnitt for dette feil svaret er 30%. Bare Korea (3%) og Japan (8%) har svært få tilhengere av feiloppfatningen "en statisk Jord". Her ser det ut til at verken kulturelle eller geologiske faktorer kan forklare noe særlig av variasjonen mellom landene for å forstå dette fenomenet (Kjærnsli mfl 2002). Men det er et forsonlig trekk at Norge gjør det bedre enn både Sverige og det nordiske og det internasjonale gjennomsnitt på denne oppgaven.

Jordas prosesser, Kategori 1.2.: Fysiske kretsløp.

Oppgave C7, kat. 1.2.2 (Norge rett svar 54%, Int 39%, diff Int 15%, Nord 39%) er en flervalgsoppgave. Denne oppgaven vil ha en vurdering av alder på fjellene med utgangspunkt i to tegninger av litt forskjellige fjellpartier: et høyere, med mer spisse fjell og

et lavere, med mer avrundede fjell. Resultater fra andre nordiske land er: Sverige rett svar 62%, Danmark 38% og Island 16%. Frankrike gjør det best med 71% rett svar. At Danmarks resultat er betydelig under Sverige og Norge er forståelig. Men islandske elevers svake resultat kan kanskje forklares med at Island har ikke slike fjell: Der er enten vulkaner eller sletter. Og Island som er ca 5 millioner år gammelt, er under oppbygging. Vi kan imidlertid konstatere at norske barn er mye bedre kjent i fjellheimen enn mange av de andre landenes elever.

6.2.2 Mindre gode besvarelser i TIMSS 1995

Dernest skal vi se på de oppgavene der resultatene for Norge ikke er så gode. Siden Norge er en oljenasjon, kunne vi kanskje forvente at den delen av geologien som er en del av petroleumsgeologien skulle avspeile dette med godt informerte elever. Det er for få oppgaver i TIMSS 1995 som er relevante i denne sammenheng, til at det kan sies noe generelt om dette. Men her finner vi de dårligste norske resultatene, og særlig en oppgave skiller seg ut med negativt fortegn.

Jordas oppbygning, Kategori 1.1.:

Oppgave G11, kat. 1.1.5 (Norge 35%, Int 53%, diff Int -18%, Nord 34%) er en flervalgsoppgave og handler om hva sedimentære bergarter er. Her har de norske elevene bare 35% rett svar, mens det internasjonale gjennomsnittet er på hele 53% rett svar. Andre nordiske lands resultater er: Sverige (36%), Danmark (20%) og Island (45%). Og Iran, en annen oljenasjon, er det landet som kommer best ut med 84% rett svar.

(To andre oppgaver, som riktig nok ikke er benevnt geologi, men beslektede emner, kommer også dårlig ut: En fysikkoppgave, C12, kat. 1.2.4 (Norge 35%, Int 54%, diff Int -19%, Nord 49%) handler om hva som er/ ikke er et fossilt brennstoff og avslører at påfallende mange norske elever ikke vet at naturgass er et fossilt brennstoff. En miljøoppgave, G12, kat. 1.2.4 (Norge 49%, Int 52%, diff Int -4%, Nord 50%) handler om en ikke fornybar naturressurs.)

Oppgave E12, kat. 1.1.5 (Norge rett svar 52%, Int 54%, diff Int -2%, Nord 41%) er en flervalgsoppgave og handler om vannets påvirkning ved dannelsen av underjordiske grotter. Kalkstein er ikke uvanlig, og den påvirkes av surt vann og løses opp slik at det dannes karsthuler. Kalksteins-grottene i Nordland er kanskje de mest spektakulære karstformene i Norge. Andre nordiske land: Sverige (57%), Danmark (39%) og Island (26%). Slovenia ligger på topp med 96%. Men dessverre et nokså middels resultat for Norge.

Oppgave O12, kat. 1.1.4 (Norge rett svar 27%, Int 27%, diff Int 0%, Nord 17%) er en flervalgsoppgave og spør etter hvilken gass det er mest av i lufta. Nordiske land: Sverige (25%), Danmark (11%), Island (14%). Singapore er best med (58%). Her lander Norge nøyaktig på det internasjonale gjennomsnittet (27%). Dette er et vanskelig spørsmål og vi får ikke uventet det resultatet at 55% av elevene både i Norge og Sverige svarer feil at det er oksygen det er mest av i luft. Men riktig svar er nitrogen.

Jordas prosesser, Kategori 1.2.:

Oppgave I17, kat. 1.2.2 (Norge rett svar 38%, Int 41%, diff Int -3%, Nord 32%) er en flervalgsoppgave og handler om energikilden for vannets kretsløp på Jorda. Solstråling er det riktige svaret her. Nordiske resultater: Sverige (39%), Danmark (29%) og Island (27%). Norske elever gjør det dårligere enn det internasjonale gjennomsnittet (41%), men bedre enn det nordiske gjennomsnittet (32%). Dette er ingen lett oppgave for de nordiske landene. Og Singapore får best plassering med 68% rett svar.

Jorda i solsystemet og universet, Kategori 1.3.:

Oppgave Q11, kat. 1.3.1 (Norge rett svar 48%, Int 44%, diff Int 4%, Nord 36%) er en flervalgsoppgave og handler om hvorfor vi har dagslys og nattemørke på Jorda. Nordiske land: Sverige (57%), Danmark (30%) og Island (21%). Korea er best med 77% rett svar.

Oppgaveteksten er: *Hvilket av disse svarene forklarer hvorfor det er dag og natt på Jorda?*

A: Jorda roterer rundt sin akse. B: Sola roterer rundt sin akse. C: Jordaksen står på skrå.

D: Jorda går rundt sola.

Det riktige svaret er at Jorda roterer rundt sin egen akse (A).

Det er vanlig å tenke at sola er i ro i sentrum av solsystemet, og at alle planetene inkludert Jorda går i bane rundt sola. I tillegg roterer alle planetene rundt sin egen akse, så hele bevegelsessystemet er svært komplisert. Denne komplekse strukturen kan være en mulig årsak til at svært mange elever, totalt 42% av internasjonalt gjennomsnitt valgte feil svar i form av distraktor D. Svært få elever har valgt andre feilsvar. Ser vi på svar-alternativene isolert er hvert enkelt utsagn en sann påstand. Men bare ett alternativ er riktig svar på spørsmålet. Dette faktum vil sannsynligvis representere en særlig utfordring for elevene.

Astronomi er med i pensum i geofag i mange land rundt om i verden, og ofte ganske tidlig for å ta tak i og fokusere barnas interesse og entusiasme i dette fagområdet og for å berike deres erfaring i naturfag (Sharp et al 1999). Det er allikevel få elever som vet hvorfor det er dag og natt, skjønt dette er et daglig (og nattlig) fenomen! Men det kan være lett å undervurdere vanskeligheten for barna med å forstå de modellene vi har utviklet for solsystemet, og som vi bruker for å forklare dag og natt, og også årstidene. Modellene har ingen umiddelbar relasjon til noen konkret observasjon som barna kan gjøre. For eksempel kan mange to-dimensjonale figurer i tekstbøkene være vanskelige å forstå hvis elevene ikke blir vist en tre-dimensjonal modell i tillegg (Kjærnsli mfl 2002).

Resultatene for TIMSS 1995: I sum var resultatene for de 23 geofagoppgavene i TIMSS 1995 mye å glede seg over. Det jeg finner er at: Antallet oppgaver der Norge gjør det bedre enn Sverige er $9/23 = 0,391$ eller 39%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn Nordisk gjennomsnitt er $19/23 = 0,826$ eller 83%. Antallet oppgaver der Norge gjør det bedre enn Internasjonalt gjennomsnitt er $20/23 = 0,869$ eller 87%.

For å være litt konstruktiv: I det originale datamaterialet er prosentandelene lagt inn med 1 eller 2 desimaler. Differansene som kommer fram når to land sammenliknes kan være veldig små, og er de små nok kan det bero på tilfeldigheter hvilket land som kommer best ut. For eksempel: Differansen mellom Sverige og Norge er 0,3 prosentpoeng. Hvis differansen er mellom 2 og -2 kan jeg velge å sette den lik null og si at verdiene for de to landene er så godt som like store, og landene står likt. Etter dette systemet kan jeg foreta en ny opptelling når Norge er "bedre enn eller står likt med".

Den konstruktive opptellingen for TIMSS 1995: Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Sverige er $15/23 = 0,652$ eller 65%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Nordisk gjennomsnitt er $21/23 = 0,913$ eller 91%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Internasjonalt gjennomsnitt er $21/23 = 0,913$ eller 91%.

Det synes klart at Geofag er det av naturfagene der norske elever gjør en meget god innsats i TIMSS 1995. Og Geofag skiller seg ut som den sterkeste fagområdet av naturfagene.

6.3 TIMSS 2003

Først noen data om elevprestasjoner i naturfag generelt fra TIMSS-undersøkelsen i 2003, og en sammenlikning mellom norske elevers naturfagprestasjoner og elever i andre land. Det er dessuten interessant med en sammenlikning mellom norske elevprestasjoner i 1995 og i 2003.

I boka "Hva i all verden har skjedd i realfagene? Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2003" av Grønmo og medarbeidere (2004), foreligger en oversikt og presentasjon av noen av resultatene fra denne internasjonale undersøkelsen.

Åttende klassingenes gjennomsnittsskåre i naturfag for hvert av deltakerlandene er vist i rapporten til Grønmo og medarbeidere (Se 2004:14 figur 1.5). Det framgår av figuren at de norske elevene skårer forholdsvis svakt i naturfag, noe over det internasjonale gjennomsnittet. Norge skårer lavere enn mange av de landene det er mest naturlig å sammenlikne seg med. Det må tilføyes at de norske elevene er relativt unge, 13,8 år i gjennomsnitt, og at de bare har gått sju år på skolen i motsetning til de fleste andre som har åtte års skolegang bak seg.

Blant de land som skårer høyest er det en dominans av øst-asiatiske land, med Singapore i spissen. Singapore skåret best også i TIMSS 1995. Japan og Korea var også den gang blant de beste. De øvrige europeiske landene skårer også over gjennomsnittet (Grønmo mfl 2004:15). Sammenlikner man resultatene i TIMSS 2003 med resultatene i TIMSS 1995 kommer det frem at Sverige og Norge er de to landene med størst tilbakegang. For Norges vedkommende tilsvarer tilbakegangen at elevene nå ligger et halvt år "etter" elevenes dyktighet i 1995. Norge har i mellomtiden hatt en omfattende læreplanreform (L 97), men virkningen har ikke hatt positive følger (Grønmo mfl 2004:16). Mens det er flere land som skårer bedre i 2003 enn i 1995, er det omvendt for Norge, og entydig negativt på begge de testede alderstrinn, både 4. og 8. klasse (Grønmo mfl 2004:18).

Det norske resultatet markerer seg ved at det er få elever som har oppnådd de to høyeste nivåene i en beskrivelse av elevenes kunnskaper og ferdigheter knyttet opp mot bestemte punkter på den internasjonale poengskalaen. (Det er gitt detaljerte beskrivelser av kompetanse på hvert nivå i den internasjonale naturfagrapporten (Martin mfl 2004)).

Alle oppgavene i TIMSS 2003 er, som i 1995, plassert i et av de fem fagområdene i naturfag, som stort sett svarer til de enkelte naturfagene og er betegnet som Biologi, Kjemi, fysikk, Geofag og Miljølære. Geofag, på engelsk *Earth Science*, består av emner innenfor astronomi, naturgeografi, geologi og geofysikk (Grønmo mfl 2004:103). Den norske profilen over skåreverdiene på de fem fagområdene er svakere enn mange av de aktuelle referanselandene i alle fag (Se figur 6.5 i Grønmo mfl 2004:104). Men de norske elevene presterer relativt sett markert bedre i Geofag enn i de andre fire fagområdene.

Igjen blir det interessant å studere "kunnskapsprofilene". Hvor mye kunnskaper har elevene demonstrert innenfor de enkelte emnene i Geofaget? Ved å sette opp en "kunnskaps-elv" for TIMSS 2003 på samme måte som jeg gjorde i TIMSS 1995, kan vi sammenlikne de norske elevene med det internasjonale gjennomsnittet som hovedreferanse.

Min kunnskapsprofil for TIMSS 2003, figur 2, viser norske i forhold til internasjonale resultater med prosentandel riktige svar (vertikal-aksen til venstre) for alle oppgavene (langs horisontal-aksen) innen emnene i Geofag. Norske resultater er angitt med hel-trukken svart linje, mens de tykke prikkene er hovedreferansen det internasjonale gjennomsnitt, og i ytterkantene angir de tynne prikkene det internasjonale maksimums- og minimums-resultat for hver oppgave. Den grove, stiplete linjen er resultatene til de svenske elevene.

Organiseringen av oppgavene går fra den beste internasjonale gjennomsnittsbesvarelsen helt til venstre og nedover mot høyre til den dårligste.

Som nevnt deltok bare Sverige og Norge av de nordiske landene i TIMSS 2003, så her kan vi ikke få tegnet noen nordisk elv. At de norske elevene er 1 år yngre enn de svenske må tas med i betraktningen, når vi sammenlikner de svenske og norske resultatene.

6.3.1 De beste norske besvarelsene i TIMSS 2003

Geofag-kategoriene dekker, som tidligere nevnt, astronomiske emner (stjerner, solsystemet og Jorda som planet), og av de oppgavene der norske elever gjør det best, dreier de fleste seg nettopp om dette, som sist i TIMSS 1995.

Det henvises til min figur 2 i vedlegget, kunnskapsprofilen for TIMSS 2003.

Først skal vi se på den beste grupperingen av oppgaver for Norges vedkommende. De sju oppgavene der norske elever gjør det best og får fra 71% til 84% rett svar, ligger øverst, lengst til venstre, blant de ti beste i det internasjonale gjennomsnittet. Det samme gjør de sju beste oppgavene til de svenske elevene, som kommer opp i 89% rett svar på sin beste besvarelse. Og det dreier seg stort sett om de samme oppgavene.

Jordas plass i solsystemet og universet, Kategori 1.3.:

Oppgave S032714-S13_06, kat. 1.3.1 (Norge rett svar 84%, Int 70%, diff Int 14%, Sverige 87%) er en flervalgsoppgave som også er omtalt i rapporten fra TIMSS 2003. (Se Grønmo mfl 2004:112-113, figur 6.14). Oppgaven har en sammenstilling av fem figurer som elevene skal forholde seg til, og den første delen av teksten er: *Figuren ovenfor viser en person som står og holder en ball på tre ulike steder på Jorda. Dersom personen slipper ballen, vil tyngdekraften føre til at ballen faller. Hvilken av de følgende figurene viser hvilken retning ballen vil falle på de tre forskjellige stedene?*

Elevene må her bruke sin kunnskap om at ting vil falle mot Jordas sentrum uansett hvor man befinner seg på jordkloden, dvs må ha forstått effekten av tyngdekraften. De norske elevene hevder seg bra på denne oppgaven, og så mange som 84% har krysset av for D, det riktige alternativet. Det er 14 prosentpoeng bedre enn det internasjonale gjennomsnittet på 70%. De svenske elevene gjør det litt bedre enn de norske med 87%, og de japanske gjør det aller best med 92% rett svar.

Alternativ A, der pilen for fallretningen peker nedover på arket, helt uavhengig av jordklodens plassering, er ment å fange opp dem som har forestillingen om at det finnes et "opp" og et "ned" i verdensrommet. Dette feilsvaret får også klart høyest tilslutning internasjonalt, 16% velger A, mens bare 5% har valgt hver av B og C. Av de norske elevene har 8% svart A, men 2% og 4% har valgt henholdsvis B og C. Og norske gutter og jenter svarte omtrent like bra på oppgaven (Grønmo mfl 2004:112-113).

Oppgave S03_11, kat. 1.3.2 (Norge rett svar 83%, Int 65%, diff Int 18%, Sverige 82%) er en åpen oppgave. Den handler om en synserfaring av planeten Jupiter og Månen, som elevene skal forklare noe om. Sveriges resultat følger like etter det norske, og begge land ligger godt over det internasjonale gjennomsnitt på 65%. England kommer best ut med 92% rett svar.

Oppgave S09_11, kat. 1.3.1 (Norge rett svar 80%, Int 60%, diff Int 19%, Sverige 86%) er en flervalgsoppgave, som handler om at sola vår er et eksempel på en stjerne. Svenske elever gjør det litt bedre enn norske, og Italia er aller best med 90% rett svar. Totalt av internasjonalt gjennomsnitt har så mange som 23% det feilsvar at sola er en planet.

Oppgave S12_10, kat. 1.3.2 (Norge rett svar 74%, Int 60%, diff Int 15%, Sverige 77%) er en flervalgsoppgave som handler om hovedforskjellen mellom planeter og måner. Norske elever (74%) gjør det betydelig bedre enn det internasjonale gjennomsnitt 60% og svenske elever gjør det enda litt bedre enn de norske elevene. Hong Kong er best med 80% rett svar. Blant feilsvarene fordeler det seg omtrent likt på et par alternativer, det er ingen enkelt suveren distraktor å spore i totalt internasjonalt gjennomsnitt.

Oppgave S06_06, kat. 1.3.1 (Norge 67%, Int 49%, diff Int 19%, Sverige 68%) er en åpen oppgave som handler om sol, måne, lys og hastigheter i rommet. Norske elever har betydelig bedre resultat enn det internasjonale gjennomsnitt, og er helt på linje med svenske elever. Estland er best med 79% rett svar.

Oppgave S06_01, kat 1.3.1 (Norge 67%, Int 55%, diff Int 12%, Sverige 74%) er en flervalgsoppgave som handler om at et år er den tiden det tar for Jorda å kretse rundt sola. Sverige gjør det bedre enn Norge, og Hong Kong aller best med 77% rett svar. Like fullt hevder Norge seg langt over det internasjonale gjennomsnitt. Et feilsvar på 28% internasjonalt er en sammenblanding med det døgnet det tar for Jorda å rotere rundt sin egen akse.

Oppgave S08_09, kat 1.3.1 (Norge 61%, Int 41%, diff Int 20%, Sverige 59%) er en flervalgsoppgave som handler om tidevann og forklaringen på det. Når månen og tyngdekraften er involvert ser norske elever ut til å gjøre det bra. Dette er en av tre oppgaver der Norge får 20 prosentpoeng eller mer over det internasjonale gjennomsnittet. Norge ligger langt foran det internasjonale gjennomsnitt, litt foran Sverige denne gang. Slovakia best: 86%.

Oppgave S10_05, kat. 1.3.1 (Norge 56%, Int 50%, diff Int 6%, Sverige 53%) er en flervalgsoppgave som vil ha rede på hvorfor månens form ser ut til å endre seg, dvs årsaken til månefasene. Norske elever gjør det litt bedre enn de svenske elevene, og avgjort bedre enn det internasjonale gjennomsnittet. Her er det forholdsvis liten spredning internasjonalt med Hong Kong på topp med 72% og Indonesia nederst med 31% rett svar. Dette vet halvparten av alle trettenåringer.

Disse åtte oppgavene hører inn under kategorien 1.3 (med 3. siffer 1, 2, 3 eller 4) **Jordas plass i solsystemet og universet** og dekker astronomiske emner (Jorda, solsystemet, stjerner, planeter og månen) og er av de oppgavetyperne der norske elever gjør det best, og gjorde det best også i TIMSS 1995. De åtte oppgavene viser norske elever på et nivå godt over det internasjonale gjennomsnittet.

Jordas oppbygning, Kategori 1.1: Landformer, topografi, kart.

Oppgave S08_10 a & b, kat. 1.1.2 er en to-delt oppgave og ingen lett oppgave internasjonalt. Men Norge gjorde det usedvanlig bra på a-delen, og veldig bra på b-delen.

Oppgave S08_10 a, kat. 1.1.2 (Norge 63%, Int 38%, diff Int 25%, Sverige 51%, Taiwan 79%) er en åpen oppgave som viser et diagram med et topografisk kart over en tenkt øy, Tigerøya. De viktigste markørene er høydekurver med tall som gir høyden i meter over havet. Spørsmålet a vil vite landskapsformasjonen ved et punkt X. For elever som er kyndige kartlesere er det åpenbart en fjelltopp. Og dette demonstrerer norske elever at de behersker med 25 prosentpoeng over det internasjonale gjennomsnittet, og 12% bedre enn Sverige.

Oppgave S08_10 b, kat. 1.1.2 (Norge 36%, Int 21%, diff Int 15%, Sverige 35%, Japan 58% best). Spørsmål b ber elevene tegne inn en elv fra punktet X, og som renner ut i en angitt bukt. Og igjen demonstrerer norske elever at dette kan de med 15 prosentpoeng over det internasjonale gjennomsnittet, men helt jevngodt med svenske elever.

Jordas oppbygning: fysiske forhold i atmosfæren vil variere med avstanden over havnivået.

Oppgave S11_12, kat. 1.1.4 er en åpen oppgave som handler om to forandringer i atmosfæriske forhold høyt oppe i store høyder. Dessuten er det spørsmål om hva en person trenger å ha med seg for å overleve i store høyder under disse forhold, med andre ord hvilke konsekvenser disse forandringene får for personen med hensyn til behov for ekstra utstyr. Det siste er et avledet spørsmål og kan bare besvares hvis man har de atmosfæriske forandringene på det rene. Denne oppgaven kommer ut med tre forskjellige resultatlistene: a og b som dreier seg om de to atmosfæriske forholdene, og avledet tillegg d, som dreier seg om adekvat utstyr i stor høyde. Her gjør norske elever det svært bra i alle delene.

Den avledete, siste delen av oppgave S11_12d gir Norge best uttelling (Norge 71%, Int 55%, diff Int 17%, Sverige 60% og Ungarn 85%). Den første av to forandringer i atmosfæriske forhold, oppgave S11_12a gir (Norge 64%, Int 48%, diff Int 16%, Sverige 55% og Ungarn 79%). Den andre av to forandringer i atmosfæriske forhold, oppgave S11_12b gir (Norge 51%, Int 37%, diff Int 14%, Sverige 47%, Ungarn 67%). I alle de tre delene av denne oppgaven gjør Norge det betydelig bedre enn det internasjonale gjennomsnittet med en differanse på ca 15 prosentpoeng. Norge gjør det også bedre enn Sverige, men med noe mindre margin, i alle tre delene av denne oppgaven. Den avledete, siste delen, d, er en oppgave der forholdsvis mange, 31% av det internasjonale gjennomsnitt, ikke gjør noe forsøk på å svare og 15% svarer feil, til sammen 46%. Tradisjoner for fjellklatring og bestigning av topper kan her ha vært en positiv og motiverende faktor for norske elever.

Oppgave S03_07, kat. 1.1.4 (Norge 56%, Int 42%, diff Int 14%, Sverige 50%, Singapore 75% best) er en åpen oppgave som handler om hvorfor et "hull" i Jordas ozonlag kan være skadelig for menneskene. Denne oppgaven dreier seg om det samme som R4 i TIMSS 1995, men oppgaveteksten er snudd rundt, for da var spørsmålet hvorfor "ozonlaget er viktig for alt som lever på Jorda". Resultatet i TIMSS 1995 ble (Norge 71%, Int 53%, diff Int 18%, Sverige 69%, Tsjekkia 74% best), og Norge kom veldig nær det beste resultatet internasjonalt. Begge våre skandinaviske land lå i 1995 høyt over det internasjonale gjennomsnittet, og gjorde det også i 2003, men forspranget var ikke lenger fullt så stort. For å få riktig svar her, måtte elevene referere til farlig stråling eller UV (ultrafiolett)-stråling som det ville være nødvendig å beskytte seg mot.

Jordas oppbygning, Kategori 1.1.: Vann, isformer.

Oppgave S14_01, kat. 1.1.3 (Norge 66%, Int 44%, diff Int 22%, Sverige 70%) er en flervalgsoppgave som vil vite hvor stor prosentandelen av vannet på Jorda som er ferskvann og her er riktig svar 3%. Sverige gjør det best av alle i hele verden med 70% rett svar. Men for Norges vedkommende er det også meget bra, bare noen få prosent etter Sverige. Og dette er en av tre oppgaver der Norge får 20% eller mer over det internasjonale gjennomsnittet.

Oppgave S07_10, kat. 1.1.6 (Norge 44%, Int 33%, diff Int 11%, Sverige 28%, Singapore 75% best) er en flervalgsoppgave som handler om hvor det finnes mest av ferskvann på Jorda. Dette er tydeligvis ingen lett oppgave internasjonalt. "Isen ved polene" er rett svar. Og Norge gjør det klart bedre enn internasjonalt gjennomsnitt, og også 16 prosentpoeng bedre enn Sverige. De svenske elevene har latt seg distrahere til 48% feil av distraktoren som foreslår "innsjøene". Og den samme distraktoren fanger feilaktig 46% av de nederlandske elevene, og også 32% av de norske. I Taiwan er begge distraktorene "elvene" og "innsjøene" jevnstore og dramatiske feller som fanger opp til sammen 75% feilsvar.

Jordas prosesser, Kategori 1.2.: Oppgaver i meteorologi om vær og klima, fysiske kretsløp som prosesser for vannets kretsløp og kilden til det hele, er også oppgaver der norske elever normalt vil gjøre det bra.

Oppgave S11_10, kat. 1.2.2 (Norge rett svar 69%, Int 62%, diff Int 8%, Sverige 82%) handler om en gitt rekkefølge av prosesser i vannets kretsløp. Temaet er det samme som i oppgave W2 fra TIMSS 1995 der elevene skulle tegne tre identifiserbare prosesser som deler av hele syklusen for vannets kretsløp. Da ble resultatene Norge 72%, Sverige 63%, Int 51%, og Norge gjorde det mye bedre enn både Sverige og internasjonalt gjennomsnitt. Her, i TIMSS 2003, ble elevene bedt om å nummerere en ferdig formulert rekkefølge. Og situasjonen har snudd seg. Norge gikk tilbake 3%, mens Sverige gikk frem hele 19 prosentpoeng til 82% rett svar, og det internasjonale gjennomsnitt bedre seg også med 11 prosentpoeng. Best ble Estland med 89% rett svar. Er norske elever bedre fokusert når de tegner enn når de skal forholde seg til tekst, mer så enn elevene i andre land?

Oppgave S05_07, kat. 1.2.2 (Norge rett svar 71%, Int 65%, diff Int 6%, Sverige 70%) er en flervalgsoppgave som spør etter energikilden for vannets kretsløp på Jorda. Dette er en endret, fornyet og forbedret variant av oppgave I17 fra TIMSS 1995, nå med en figur. Og dette skulle vise seg å gjøre underverk. Resultatene i 1995 var Norge 38%, Sverige 39% og internasjonalt gjennomsnitt 41% rett svar. I TIMSS 2003 fikk Norge 71%, Sverige 70%, internasjonalt gjennomsnitt 65% rett svar. Best ble Hong Kong med 84% rett svar.

Det spørres etter det samme, det er fire nokså like, dog litt forskjellige svar-alternativer, pluss en støttefigur som avbilder prosessen, men ikke kilden. Og forskjellen i prosentandel rett svar er formidabel! Norge går frem med 33%, Sverige med 31% og Internasjonalt gjennomsnitt med 24 prosentpoeng. Denne oppgaven havnet i gruppen med ”dårlige” norske besvarelser i TIMSS 1995. Mens i TIMSS 2003 kom den opp i gruppen blant de bedre med minst 70% rett svar. Dette burde gi test-konstruktørene litt å tenke på.

Jordas prosesser, Kategori 1.2.: Platetektonikk, jordskjelv og vulkaner.

Oppgave S04_11, kat. 1.2.3 (Norge 60%, Int 48%, diff Int 12%, Sverige 82%) er en flervalgsoppgave som vil ha beste forklaring på at det er en ”ildring rundt Stillehavet” med jordskjelv og vulkansk aktivitet, der ”ringen av ild” representerer plategrenser. Her gjør Sverige det best av alle land med 82%. Men Norge med 60% er godt over det internasjonale gjennomsnittet på 48% rett svar.

6.3.2 Mindre bra besvarelser i TIMSS 2003

Dernest skal vi se på tre oppgaver der resultatene for Norge ikke er så gode. Først en oppgave kategorisert under fysikk (C12) i TIMSS 1995, og så under Geofag i TIMSS 2003.

Jordas prosesser, Kategori 1.2.4: Fossilt brennstoff.

Oppgave S02_06, kat 1.2.4 (Norge 36%, Int 62%, diff Int -26%, Sverige 54%, Litauen 87%) handler om hva som er/ ikke er fossilt brennstoff, og avslører at påfallende mange norske elever ikke vet at naturgass er et fossilt brennstoff. Sammenholdt med TIMSS 1995 (Norge 35%, Int 54%, diff Int -19%, Sverige 49%, Litauen 83% best) viser resultatene at Norge er jevn, men litt frem (1%), Sverige mer frem (5%), og internasjonalt gjennomsnitt frem 8 prosentpoeng. Men fra TIMSS 2003 ser vi at forskjellen mellom Norge og internasjonalt gjennomsnitt er negativ og meget stor, og faktisk blitt større enn tilfellet var i TIMSS 1995.

Jordas oppbygning, Kategori 1.1.: Lag og bergarter.

Oppgave S03_05, kat. 1.1.5 (Norge 28%, Int 54%, diff Int -26%, Sverige 34%, Litauen 89% best) er en flervalgsoppgave som handler om hvilke bergarter det er som blir dannet på bunnen av sjøer og hav. En tilsvarende oppgave ble gitt i TIMSS 1995 med resultatene

(Norge 35%, Int 53%, diff Int -18%, Sverige 36%, Iran 84% best). Den gangen var altså resultatene for Norge og Sverige nokså jevne. Men deretter gikk Sverige tilbake med 2%, og Norge tilbake med 7%. Det internasjonale gjennomsnitt har vært stabilt, høyt begge gangene.

Oppgave S03_09, kat. 1.1.4 (Norge 20%, Int 28%, diff Int -7%, Sverige 18%, Taiwan 57% best) er en flervalgsoppgave og tilsvarer innholdsmessig oppgave O12 fra TIMSS 1995. Da ble resultatene (Norge 27%, Int 27%, diff Int 0%, Sverige 25%, Singapore 58% best). I TIMSS 1995 landet Norge nøyaktig på det internasjonale gjennomsnittet. I TIMSS 2003 gikk Norge mye tilbake og internasjonalt gjennomsnitt litt opp, så avstanden ble betydelig i forhold til tidligere, og i Norges disfavør. Dette er et vanskelig spørsmål og vi får ikke uventet det feilsvar at det er mest av oksygen: Norge (39%) og Internasjonalt (34%), mens det riktige svaret er at det er mest nitrogen, og nestmest oksygen.

6.3.3 Middels besvarelser i TIMSS 2003

Her presenteres 5 eksempler fra alle kategoriene: Oppbygning, Prosesser og Jorda i universet.

Jordas oppbygning, Kategori 1.1.:

Oppgave S01_06, kat. 1.1.5 (Norge 45%, Int 46%, diff Int -1%, Sverige 56%, Slovenia 91% best) er en flervalgsoppgave som handler om vannets påvirkning på bergarter ved dannelsen av underjordiske grotter. Kalkstein er ikke uvanlig i Norge, og den påvirkes av surt vann og løses opp slik at det dannes karst-huler. Kalksteinsgrottene ved Svartisen i Nordland er kanskje de mest spektakulære karstformene i Norge. I TIMSS 1995 ble resultatene for en tilsvarende oppgave (Norge 52%, Int 54%, diff Int -2%, Sverige 57%, Slovenia 96% best). Både Norge og det internasjonale gjennomsnitt har blitt svakere, mens Sverige er stabil, omtrent likt. Dette er ingen lett oppgave med til dels effektive distraktorer.

Joordas prosesser, Kategori 1.2.:

Oppgave S01_03, kat. 1.2.1 (Norge 75%, Int 73%, diff Int 3%, Sverige 89%) er en flervalgsoppgave med en tabell over meteorologiske data: dager, klokkeslett og temperaturer som inviterer til en vurdering av når det oppsto en værforandring, dvs at det ble kaldere vind. Norske elever skårer høyt (75%), men Sverige veldig mye høyere (89%) og Japan best med 96% rett svar. Denne oppgaven var også med i TIMSS 1995 og da skåret norske elever 79%, slik at Norge har gått tilbake med 4 prosentpoeng. For Sverige er det omvendt: de har gått frem 7 prosentpoeng fra 82% til 89% rett svar.

Oppgave S02_01, kat. 1.2.2 (Norge 32%, Int 30%, diff Int 2%, Sverige 41%, Iran 58% best) er en flervalgsoppgave som tilsvarer oppgave C7 fra TIMSS 1995, da resultatene ble (Norge 54%, Int 39%, diff Int 15%, Sverige 62%, Frankrike 71% best). Oppgaven vil ha en vurdering av riktig alder på fjellene med utgangspunkt i to tegninger av litt forskjellige fjellpartier, noen høyere, mer spisse og noen lavere, mer avrundet. I motsetning til TIMSS 1995 da Norge gjorde det veldig bra, gjorde norske elever det nokså middels i TIMSS 2003, på denne oppgaven som viser seg å være vanskelig internasjonalt. Den distraktoren som fanger flest elever i feilsvar både internasjonalt (35%) og i Norge (36%) er at fjellpartiene skulle være omtrent like gamle, men dannet på forskjellige måter.

Jorda og planetene i solsystemet, Kategori 1.3.:

Oppgave S13_02, kat. 1.3.1 (Norge 54%, Int 53%, diff Int 1%, Sverige 63%, Armenia 93% best) er en åpen oppgave som dreier seg om at elevene skal tegne månens plassering under

solformørkelse. Sverige gjør det mye bedre enn Norge. Her er norske elever ikke så suverene som de pleier å være på denne typen oppgaver. Kan det tenkes at skolene mangler gode tre-dimensjonale modeller som et supplement til to-dimensjonale figurer i lærebøkene?

En oppgave som har vært vanskelig internasjonalt er omtalt i Grønmo med flere (2004:111). Hele oppgaven er illustrert i figur 6.12, side 111, med en resultat-tabell for fem av deltakerlandene og internasjonalt gjennomsnitt.

Oppgave S09_12, kat. 1.3.2 (Norge 34%, Int 36%, diff Int -2%, Sverige 46%, Korea 70% best) er en flervalgsoppgave med en tabell som gir informasjon om planetene Venus og Merkur og noen fysiske forhold. Det dreier seg om overflate-temperatur, atmosfærens sammensetning, avstand fra sola og omløpstiden. Spørsmålet er: *Hvilken av påstandene nedenfor gir den beste forklaringen på hvorfor overflatetemperaturen på Venus er høyere enn på Merkur?* A: Merkur absorberer mindre sollys fordi den nesten mangler atmosfære. B: Den høyere prosentandelen av karbondioksid i atmosfæren til Venus gir en drivhuseffekt. C: Siden Venus bruker lengre tid rundt sola, vil planeten absorbere mer varme fra sola. D: Siden Merkur er nærmere sola, vil solstrålene ikke treffe så direkte.

Ut fra informasjonen i tabellen skal elevene velge hvilket alternativ som gir riktig forklaring på hvorfor overflatetemperaturen er høyere på Venus enn på Merkur. Bare 34% av de norske elevene velger B som er det riktige alternativet, og resultatet er svakere enn det internasjonale gjennomsnittet. Dette er noe overraskende i lys av hvor aktuelt drivhuseffekt og global oppvarming er, selv om det ikke er et sentralt tema i læreplanen før i 10. klasse. Korea, HongKong og Taiwan markerer seg i toppen ved at rundt 70% av elevene har svart riktig. De norske feilsvarerne fordeler seg først og fremst på alternativene A og C, mens det i Japan og Nederland er C som tiltrekker seg flest feilsvar (Grønmo mfl 2004:111).

Resultatene for TIMSS 2003: I sum var resultatene for de 34 oppgavene i Geofag mye å glede seg over i TIMSS 2003. Det jeg finner er at: Antallet oppgaver der Norge gjør det bedre enn Sverige er $13/34 = 0,382$ eller 38%. Og antallet oppgaver der Norge gjør det bedre enn Internasjonalt gjennomsnitt er $27/34 = 0,794$ eller 79%. (Nesten 80%!).

For å være litt konstruktiv: I rådata-materialet er prosentandelene lagt inn med 1 eller 2 desimaler. Differansene som framkommer når to land sammenliknes kan være veldig små, og er de små nok kan det bero på tilfeldigheter hvilket land som kommer best ut. For eksempel: Differansen mellom Sverige og Norge er 0,3 prosentpoeng. Hvis differansen er mellom -2 og 2 kan jeg velge å sette den lik null og si at verdiene for de to landene er så godt som like store, og landene står likt. Etter dette systemet kan jeg foreta en ny opptelling når Norge er "bedre enn eller står likt med".

Den konstruktive opptellingen for TIMSS 2003: Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Sverige er $16/34 = 0,471$ eller 47%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Internasjonalt gjennomsnitt er $29/34 = 0,853$ eller 85%.

Det synes klart at Geofag er det av naturfagene der norske elever gjør en god innsats i TIMSS 2003. Og Geofag skiller seg ut som det beste fagområdet av naturfagene.

6.4 PISA 2000 og PISA 2003

I det følgende vil vi se nærmere på de norske og nordiske resultatene for naturfagoppgavene innen **Jorda og miljøet**, for å få et bilde av hvordan de norske elevene skårer. Enkeltoppgaver innen **Liv og helse** eller **Teknologi** finnes inniblant i disse oppgavesettene

fordi enhetene er laget slik at temaene ikke holdes strengt atskilt. Det samme er tilfellet for den kompetansen som måles; i en oppgaveenhet vil det kunne være noen enkeltoppgaver som måler prosesskompetanse og andre som måler begrepsforståelse. Det er her hensiktsmessig å se på resultatene fra PISA 2000 og PISA 2003 samlet fordi mange av oppgavene finnes igjen begge steder. Det henvises til mine ”kunnskapsprofiler”, grafiske kart, for PISA 2000 og PISA 2003, figur 3 og 4 i vedlegget.

Hovedsaklig vil de norske resultatene på den faglige testen bli sammenliknet med de andre nordiske landene, det nordiske gjennomsnittet (regnet ut uten Norge), og med OECD-gjennomsnittet som hovedreferanse. Fra OECDs side er det lagt vekt på at dette ikke er en test for å rangere land. Men det er likevel ikke til å unngå at det er stor interesse for hvordan elevene hevder se internasjonalt og spesielt i forhold til land det er naturlig å sammenlikne seg med, og for oss vil det være med de andre nordiske landene (Lie mfl 2001:159). Og det er de allmennfaglige sidene ved fagene som er i fokus i PISA-testen.

I mine grafiske kart som viser prosentandel riktige svar for oppgavene, er p-verdien for de norske elevene relatert til OECD-gjennomsnittet. Prosentandel riktige svar for de norske elevene er gitt ved en tykk strek. Den laveste, den gjennomsnittlige og den høyeste p-verdien i OECD-landene er vist ved de tre stiplede linjene. Figuren er ordnet etter fallende internasjonalt gjennomsnitt på oppgavene. De nordiske maksimums- og minimums-resultatene er også lagt inn. (I rapporten fra TIMSS 1995 (Lie mfl 1997) og PISA 2003 (Kjærnsli mfl 2004) er området mellom nordiske maksimums- og minimums-resultater farget lyseblå og benevnt den nordiske elva. Se Kjærnsli mfl 2004:126, figur 4.6.)

Midtpunktet mellom to streker på den horisontale akse representerer en oppgave. Og oppgavene er benevnt med et forkortet navn og en emnekategori, der emnekategoriene fra TIMSS er satt inn tentativt. Med tentativt mener jeg at oppgavene aldri ble produsert med det for øyet av de skulle ”matche” en slik emnekategori. Her er det ikke fagemner som måles, men naturfagkompetanse i et videre perspektiv. De oppgavene som ikke er frigitt er omtalt kortfattet. De oppgaver som er frigitt kan gjengis helt presis. De finnes omtalt i rapportene til Lie mfl (2001) og Kjærnsli mfl (2004) og finnes i sin helhet i vedlegget.

6.4.1 ”Ozon”

Oppgaven er frigitt og referert i Lie med flere (2001:187-189). Den er et oppgavesett, en enhet, som består av fire oppgaver og tar utgangspunkt i et utdrag av en artikkel som handler om ozonlaget. Den hører med i PISA-oppgavene fra **Jorda og miljøet**, og tre oppgaver måler prosesskompetanse og en begrepsforståelse. Ved tentativt å bruke emnekategorier fra TIMSS rammeverket, kunne oppgavene bli plassert i **Jordas oppbygning**, Kategori 1.1.4: Atmosfæren, og/ eller **Miljø og ressurser**, Kategori 6.1: Forurensing.

Ozonlagets betydning for beskyttelse av Jorda, ozonets oppbygning og mulige årsaker til svekkelse av ozonlaget er noe av det sentrale i artikkelen.

Tabell 6.1 viser prosentandelen riktige svar for hver oppgave, med poengangivelse for oppgave 1, for hvert av de nordiske landene, det nordiske gjennomsnitt unntatt Norge, internasjonalt maksimum og OECD-landenes gjennomsnitt. (Nordisk gjennomsnitt er beregnet samlet for hele oppgave 1 til 25% riktige svar, og er derfor ikke satt opp i tabellen.)

Tabell 6.1 Prosentandel riktige svar for oppgaveenheten "Ozon" PISA 2000

Oppg. Land	Ozon 1 3 poeng	Ozon 1 2 poeng	Ozon 1 1 poeng	Ozon 2 B *	Ozon 3 1 poeng	Ozon 4 **
Norge	10	13	12	37	45	53
Sverige	12	10	12	39	45	55
Danmark	9	10	10	24	42	52
Finland	11	9	20	29	63	54
Island	6	7	13	36	56	54
Nord gj.sn.				32	52	54
Int. maks	Ungarn 18	Ungarn 11	Ungarn 17	Japan 60	Korea 74	StorBr 66
OECD g.s.	12	10	15	35	54	56

* riktig svaralternativ ** riktig svar = nei, ja

Oppgave 1 er en åpen langsvaroppgave som måler prosesskompetanse ved at elevene skal kommunisere gyldige konklusjoner. Ut fra tre tegneseriebilder skal elevene skrive en forklaring om hvordan ozon dannes, til en tenkt onkel. Elevene må bruke begrepene atomer og molekyler på den samme måten de er brukt i artikkelen. For å få fullt hus på denne oppgaven, 3 poeng, må elevene ha med de tre følgende aspektene.

- *Oksygenmolekylene splittes i oksygenatomer*
- *Splittingen av oksygenmolekylene er avhengig av solenergi*
- *Oksygenatomer binder seg til oksygenmolekyler og danner ozonmolekyler*

Hvis det er nevnt bare 2 aspekter, gir det 2 poeng, og tilsvarende 1 poeng for bare ett aspekt. Av dem som fikk 2 poeng, hadde de aller fleste med det første og det tredje aspektet. At prosessen er avhengig av solenergi, er kanskje noe de mente var underforstått. I besvarelser som bare kom inn på ett av aspektene, var det en klar overvekt av det tredje aspektet. En del fortellinger var for øvrig preget av at elevene var påvirket av tegneserien og fortsatte i en humoristisk tone.

Av tabell 6.1 ser vi at oppgaven har falt vanskelig ut i de fleste land, og selv i Ungarn, som skårer høyest på denne oppgaven, er det bare 18 prosent som får 3 poeng. Videre ser vi at resultatene i de nordiske landene er overraskende like, bortsett fra at det er relativt mange i Finland som 1 poeng. Det er påfallende mange som ikke har svart på oppgaven, i de fleste land gjelder det faktisk mellom 30 og 40 prosent og i Norge nesten 35 prosent. Dette kan skyldes at det er en noe uvant oppgaveform, der det settes krav til både å kunne fortelle og til kunnskap om faglige begreper. Mye tyder på at denne form for skriving appellerer mer til jenter enn gutter. I Norge er dette en av de mest typiske "jenteoppgavene".

Oppgave 2 er en åpen kortsvaroppgave. Den er kategorisert som en prosessoppgave der du skal trekke eller evaluere konklusjoner fordi den, med utgangspunkt i teksten, krever at du skal ta stilling til hvilken av de fire forklaringene som er riktig på om ozon som dannes under tordenvær er "dårlig ozon" eller "godt ozon". I teksten står det at ozonet som dannes i troposfæren kalles "dårlig ozon" og at det motsatte er tilfelle i stratosfæren, men det står ingen ting om hvor i atmosfæren tordenvær oppstår. Dette er derfor et eksempel på en

prosessoppgave som samtidig krever begrepsforståelse. Resultatene for de nordiske landene viser at både Sverige og Norge ligger så vidt over gjennomsnittet, mens de andre ligger godt under. Av feilsvarene er det distraktor C som peker seg ut. Det er ikke overraskende, fordi det er et logisk riktig utsagn, men likevel ikke riktig, fordi tordenvær ikke dannes i stratosfæren. Den er videre en flervalgsoppgave med litt uvanlig og derfor uheldig lay-out, noe som dessverre har medført at mange har misforstått og kryssset av flere steder.

Oppgave 3 er en åpen kortsvaroppgave som måler begrepskompetanse der elevene skal demonstrere forståelse av naturvitenskapelige begreper. Temaet **Liv og helse** er her sentralt. Den ber elevene nevne en sykdom som skyldes økt ultrafiolett stråling fra sola. I utgangspunktet skulle man tro at dette var en relativt enkel oppgave fordi det i store deler av verden har vært mye fokus på økt fare for hudkreft ved for mye soling. Men av resultatene ser vi at bare 45% av de norske elevene får poeng på denne oppgaven. Det er også gitt poeng hvis man svarer andre sykdommer som kan være relatert til sol, som for eksempel øyesykdommer. De som svarer bare kreft, ikke eksplisitt hudkreft, får ikke poeng, noe som kan være diskutabelt. I Norge gjelder dette 26%, og det forklarer den noe overraskende lave prosenten riktig svar blant de nordiske landene, men også internasjonalt. Korea (74%) og Japan (72%) markerer seg derimot ved at veldig mange svarer riktig. Mens land som Italia, Latvia og Russland skårer spesielt lavt på denne oppgaven. Dette kan tyde på at det er kulturelle forskjeller ved at hudkreft og soling i en del land ikke er noe viktig tema, mens det i andre land har vært mye fokusert i mange år.

Oppgave 4 er en flervalgsoppgave som måler prosesskompetanse. Elevene skal sette ring rundt ja eller nei for om de to gitte spørsmålene kan besvares ved naturvitenskapelig forskning eller ikke. For å få poeng, må det svares riktig på begge spørsmålene. Av resultatene ser vi at alle de nordiske landene skårer omtrent likt, men under gjennomsnittet og nordisk gjennomsnitt er 53%. Ser vi på de norske resultatene for hvert av spørsmålene, svarer 59% riktig på det første hvor svaret er nei, fordi det er et normativt spørsmål hvor verdisynet også spiller inn, og 67% svarer riktig på det andre spørsmålet som er ja, fordi det kan besvares ved naturvitenskapelig forskning (Lie mfl 2001:187-189).

6.4.2 "Drivhuseffekten"

Oppgaveenheten er et sett med tre åpne oppgaver som ble gitt både i PISA 2000 og PISA 2003. Teksten er uforandret. Temaet er forandringer i atmosfæriske forhold, og det handler om naturvitenskap på Jorda og i miljøet. Ved tentativt å bruke TIMSS rammeverket for emne kategorier, kunne oppgaven bli plassert i to kategorier: Jordas prosesser, kategori: 1.2.2: Atmosfære-kretsløp, og Miljø og ressurser, kategori 6.1: Global oppvarming.

Prosessmålet med oppgaven er identifisering av evidens. Oppgaven innleder med en tekst som spør: "Drivhuseffekten: Realitet eller innbilning?" Etter den innledende teksten møter vi skoleeleven Andre som studerer noen grafer som gjør ham i stand til å konkludere med at økningen i gjennomsnittstemperatur i Jordas atmosfære skyldes økningen i utslippene av karbondioksid.

Oppgave 1 (Driv-1) går ut på å forklare hva det er ved grafene som støtter Andres konklusjon. I PISA 2000: Norge, Sverige, Finland ligger likt med 61-62% og Danmark og Island henger litt etter og er nærmere OECD-gjennomsnittet på 57%. I PISA 2003 har Finland som var sterk fra før gått fram, og også Danmark men ikke så mye. Sverige ligger likt med sist, og nordisk gjennomsnitt har holdt seg. Norge, Island og OECD-gjennomsnitt har gått tilbake med henholdsvis 6%, 1% og 3%. Internasjonalt maksimum har også gått tilbake.

Tabell 6.2 Prosentandel riktige svar for oppgaveenheten "Drivhuseffekten" PISA 2000 & 2003

Oppg. Land	PISA 2000 Drivhus-1	Drivhus-2	Drivhus-3	PISA 2003 Drivhus-1	Drivhus-2	Drivhus-3
Norge	61	36	20	55	34	17
Sverige	62	41	17	62	40	24
Danmark	55	38	21	57	34	17
Finland	62	49	31	66	45	31
Island	56	39	16	55	34	11
Nord gj.sn.	59	42	21	60	38	21
Int. maks.	Japan 74	Korea 61	Korea 41	Canada 70	Japan 52	Nederla 36
OECD-g.s.	57	39	25	54	36	22

Tabell 6.2 viser prosentandel riktige svar for hver oppgave for hvert av de nordiske landene, det nordiske gjennomsnitt unntatt Norge, internasjonalt maksimum og OECD-landenes gjennomsnitt. PISA 2000 og PISA 2003 er sammenstilt for å kunne sammenliknes.

Oppgave 2 (Driv-2) lar en annen elev, Janne, være uenig i Andres konklusjon ved at hun finner områder i de grafiske fremstillingene som ikke er entydige. På resultatlisten for PISA 2000 ser vi at Norge kommer dårligst ut, og ligger under både nordisk og OECD-gjennomsnitt, mens Finland ligger høyt over gjennomsnittene, og de tre andre nordiske landene er omtrent der. I PISA 2003 har alle landene fått dårligere resultat med fra 1% til 5% poeng svakere enn sist, Norge med 2 prosentpoeng.

Oppgave 3 (Driv-3) ber elevene komme med minst en annen faktor enn karbondioksidutslipp, som er med å påvirke temperaturen i atmosfæren. Og her er det mange svar som er riktig. De nevnte er: Solstråling, andre gasser i atmosfæren, vulkanutbrudd, ozonlaget, nedhugging/ brenning av skoger, KFK-gasser, partikler og partiklers virkning på skyer. PISA 2000 har svake resultater for denne oppgaven i alle land. Veldig mange norske elever velger å ikke svare (46%) eller svarer feil (34%), til sammen 80%. Men i PISA 2003 er resultatene blandet på den måten at Norge har gått tilbake 3%, Sverige frem 7%, Danmark tilbake 4%, Finland blitt stående på sitt høye nivå, Island tilbake 5%, mens nordisk gjennomsnitt har holdt seg stabilt. Også OECD-gjennomsnittet er tilbake 3 prosentpoeng. Når det gjelder landenes internasjonale maksimums-resultater er de også atskillig svekket.

I oppgave 1 og 2 kommer nordisk gjennomsnitt bedre ut enn OECD-gjennomsnittet begge ganger, men i oppgave 3 er det omvendt begge år.

6.4.3 "Dagslys"

Denne oppgaveenheten er frigitt og referert i rapporten til Kjærnsli med flere (2004:127-128). Den tar utgangspunkt i informasjon om dagslys og mørke på Jorda. Når den nordlige halvkula feirer sin lengste dag, vil australierne ha sin korteste, og en astronom sier at dette har noe med Jordas helning å gjøre. Enheten består av to oppgaver og er gjengitt i sin helhet i vedlegget. Oppgaven plasseres i TIMSS emnekategori i **Jorda i solsystemet**, kategori 1.3.1.

Tabell 6.3 Prosentandel riktige svar for oppgaveenheten "Dagslys" PISA 2000 & 2003

Oppgave Land	PISA 2000 Dagslys-1	Dagslys-2	PISA 2003 Dagslys-1	Dagslys-2
Norge	37	12	41	10
Sverige	36	12	41	17
Danmark	31	14	29	10
Finland	45	26	54	26
Island	29	6	40	11
Nordisk gj.sn.	35	14	41	16
Int. maks.	Tsjekkia 63	Japan 35	Slovakia 69	Japan 38
OECD gj.sn.	39	18	43	19

Tabell 6.3 viser prosentandel riktige svar for hver oppgave for hvert av de nordiske landene, det nordiske gjennomsnittet unntatt Norge, internasjonalt maksimum og OECD-landenes gjennomsnitt. PISA 2000 og PISA 2003 er sammenstilt for å kunne sammenliknes.

Oppgave 1 (Dags-1) er en flervalgsoppgave der elevene skal velge hvilket utsagn som forklarer hvorfor vi har dagslys og mørke på Jorda. Oppgaven krever begrepskompetanse. Elevene må enten kjenne til riktig forklaring på forhånd eller resonnerer seg fram ved å se for seg virkningen av de ulike forklaringene. Oppgaven har vært vanskelig både internasjonalt og i de nordiske landene. Rundt 40% av de norske, svenske og islandske elevene svarer riktig og mener at det er fordi Jorda roterer rundt sin egen akse. Og det er en forbedring på fra 4-5% til 11% fra PISA 2000 til PISA 2003 for disse landene. Selv Finland som gjorde det veldig bra første gang går fram neste gang. Bare Danmark går litt tilbake.

Oppgaven er en av de tre oppgavene der forskjellen mellom jenter og gutter er størst både nasjonalt og internasjonalt i PISA 2003. Av de norske guttene svarer 47% riktig, mens dette gjelder bare 34% av de norske jentene. Tilsvarende store kjønnsforskjeller finner vi blant de danske elevene, men derimot ikke i de tre andre nordiske landene. Så mange som 31% av de norske elevene i PISA 2000 og 34% av de norske elevene i PISA 2003 har svart at det er på grunn av at Jorda kretser rundt sola, noe som også er et vanlig feilsvar i mange av de andre landene. Dette kan skyldes at teksten handler om hvorfor vi har årstider (Kjærnsli mfl 2004).

Oppgave 2 (Dags-2) har en figur der elevene skal tegne inn Jordas akse, ekvator, samt den nordlige og den sørlige halvkule. Denne oppgaven krever også begrepsforståelse. For å få full skåre, 2 poeng, må elevene ha tegnet inn jordaksen, ekvator og nordlig/sørlig halvkule riktig, med et visst slingringsmonn. Denne oppgaven har også vært vanskelig, og bare rundt 10% av de norske, danske og islandske elevene fikk full skåre i PISA 2003. De norske og danske elevene har gått litt tilbake siden første gang, mens de svenske og islandske har gått fram, og Finland som gjorde det svært bra blir stående på det samme (Kjærnsli mfl 2004:127-128). I begge oppgavene begge år ligger det nordiske gjennomsnittet under OECD-gjennomsnittet.

6.4.4 "Sør-Regnland"

Oppgaveenheten, gitt i PISA 2000 og 2003, består av tre flervalgsoppgaver der elevene må demonstrere kunnskap om dag og natt i forhold til gitt informasjon, lese tabell om vær og temperatur. Enheten hører til emneområdet **Jorda og miljøet** og krever prosesskompetanse. Blant emnekategoriene i TIMSS passer **Jordas prosesser**, kategori 1.2.1, Vær og klima.

Tabell 6.4 Prosentandel riktige svar for oppgaveenheten "Sør-Regnland"

Oppg. Land	PISA 2000 Sør-1	Sør-2	Sør-3	PISA 2003 Sør-1	Sør-2	Sør-3
Norge	58	70	52	62	63	57
Sverige	57	84	57	54	78	64
Danmark	61	74	55	69	73	69
Finland	63	75	59	67	69	69
Island	55	72	52	60	71	50
Nord gj.sn.	59	76	56	63	73	58
Int. maks.	Finland 63	Frankr 84	Korea 75	Danmk 69	Frankr 83	Korea 79
OECD g.s.	48	72	55	52	69	58

Tabell 6.4 viser prosentandel riktige svar for hver oppgave for hvert av de nordiske landene, det nordiske gjennomsnitt unntatt Norge, internasjonalt maksimum og OECD-landenes gjennomsnitt. PISA 2000 og PISA 2003 er sammenstilt for å kunne sammenliknes.

Oppgave 1 (Sør-1) er en flervalgsoppgave der elevene i alle de nordiske landene skårer relativt bra. Oppgaven dreier seg om en værmelding som også har informasjon om når sola og månen står opp, og når sola og månen går ned. Her spørres det etter hvor mye klokka er når månen er på sitt høyeste punkt på himmelen (Kjærnsli mfl 2004:126-127). Dette er den av naturfag-oppgavene der norske elever gjør det bra i forhold til OECD-gjennomsnittet. Både i PISA 2000 og i PISA 2003 skårer de norske elevene 10 prosentpoeng bedre enn OECD-gjennomsnittet. I nasjonal rangering internt for Norge gir denne oppgaven vårt beste resultat blant de 16 naturfagoppgavene i PISA 2003, og nest best i PISA 2000. Oppgaven ligger som nummer sju i internasjonal rangering både i PISA 2000 og i PISA 2003, og det norske resultatet stikker opp som en fjelltopp på figuren. Finland gjør det best av alle i hele verden med sine 5%-poeng bedre enn Norge i PISA 2000. Danmark gjør det best av alle i hele verden med sine 7%-poeng bedre enn Norge i PISA 2003.

Oppgave 2 (Sør-2) er en flervalgsoppgave som går ut på å bruke informasjon i en værmelding for å avgjøre noe om en nattetemperatur. Den ligger på førsteplass i internasjonalt gjennomsnitt både i PISA 2000 og i PISA 2003, med henholdsvis 72% og 69% riktige svar. OECD-gjennomsnittet, samt alle de nordiske land, går noe ned på resultat-listene fra PISA 2000 til PISA 2003, Danmark og Island dog bare med 1%-poeng. Norske elever ligger her litt under det internasjonale gjennomsnitt med henholdsvis 2 og 6 prosentpoeng. Begge årene leverte Frankrike det beste internasjonale resultatet med over 80% riktige svar, og Sverige tangerte nesten Frankrike i PISA 2000, der desimalene ble avgjørende for førsteplassen.

Oppgave 3 (Sør-3) er en flervalgsoppgave med vurdering av værmeldingsprognoser. Oppgaven ligger som nummer fem i internasjonal rangering både i PISA 2000 og i PISA 2003. Finland gjorde det best av de nordiske landene i PISA 2000 med 4 prosentpoeng og Sverige gjorde det best i PISA 2003 med 6 prosentpoeng over OECD-gjennomsnittet. Island ligger 8 prosentpoeng under, og de andre nordiske landene tett på det internasjonale gjennomsnitt. Korea gjør det best internasjonalt både i PISA 2000 og i PISA 2003, med henholdsvis 75% og 79% riktige svar. Oppsummert: I oppgave 1 og 3 går Norge fram fra PISA 2000 til PISA 2003, men i oppgave 2 går norske elever tilbake. Nordisk gjennomsnitt kommer bedre ut, eller likt med OECD-gjennomsnittet i alle tre oppgavene begge årene.

6.4.5 "Jordas temperatur"

Oppgaveenheten, gitt i PISA 2000 og PISA 2003, består av tre oppgaver der de to første er åpne oppgaver og den siste er en flervalgsoppgave. Enheten hører til emneområdet **Jorda og miljøet**, men trekker inn **Teknologi** i siste spørsmål, og krever begrepsforståelse. Innenfor TIMSS rammeverket kunne oppgaven bli plassert **Jordas prosesser**, kategori 1.2.2, atmosfære-kretsløp og **Miljø og ressurser**, kategori 6.1, global oppvarming.

Tabell 6.5 Prosentandel riktige svar for oppgaveenheten "Jordas temperatur"

Oppg. Land	PISA 2000			PISA 2003		
	Jord-1	Jord-2	Jord-3	Jord-1	Jord-2	Jord-3
Norge	69	37	37	61	31	35
Sverige	64	52	44	65	48	40
Danmark	41	24	30	43	23	30
Finland	64	41	37	68	42	41
Island	73	40	25	72	41	26
Nord gj.sn.	61	39	34	62	39	34
Int. maks.	Japan 82	Japan 79	Japan 56	Japan 80	Japan 79	Japan 58
OECD g.s.	59	41	35	60	40	36

Tabell 6.5 viser prosentandel riktige svar for hver oppgave for hvert av de nordiske landene, det nordiske gjennomsnittet unntatt Norge, internasjonalt maksimum og OECD-landenes gjennomsnitt. PISA 2000 og PISA 2003 er sammenstilt for å kunne sammenliknes.

Oppgave 1 (Jord-1) er en åpen oppgave som handler om konsekvens av smelting av isen ved polene. Dette er en oppgave der alle de nordiske landene med Island i teten, men minus Danmark, skårer relativt bra i forhold til OECD-gjennomsnittet både i PISA 2000 og PISA 2003. Norge skåret 10 prosentpoeng over OECD-gjennomsnittet, 5 prosentpoeng høyere enn Finland og Sverige som lå likt, og bare 4 prosentpoeng under Island i PISA 2000. I PISA 2003 skåret Norge fortsatt, men bare så vidt, over OECD-gjennomsnittet; og de andre

nordiske landene, unntatt Danmark, har gått forbi Norge. I nasjonal rangering internt for Norge, gav denne oppgaven blant de 16, vårt aller beste resultat i PISA 2000, og 3. beste resultat i PISA 2003. I internasjonal plassering ble denne oppgaven nummer to i PISA 2000 og nummer fire i PISA 2003.

Oppgave 2 (Jord-2) er en åpen oppgave. Den handler om forholdet mellom skog og mengden av karbondioksid i atmosfæren. I PISA 2000 fikk Norge 4 prosentpoeng under, og i PISA 2003 så mye som 9 prosentpoeng under OECD-gjennomsnittet, og plasserte oss her på et nasjonalt lavmål. Norge lå også under de andre nordiske landene, men bare Danmark skåret under Norge.

Oppgave 3 (Jord-3) er en flervalgsoppgave med to muligheter for hvert alternativ. Den handler om kunnskap om hvilke energikilder som avgir CO₂ (Kjærnsli mfl 2004:123). De norske elevenes resultater ligger helt nær OECD-gjennomsnittet både i PISA 2000 og PISA 2003, dog litt bedre i PISA 2000. Det nordiske gjennomsnittet er også i underkant av OECD-gjennomsnittet. Sverige gjorde det best i PISA 2000 og Finland gjorde det best i PISA 2003, mens Island ligger lavere enn de andre begge gangene. Japan oppnår internasjonalt maksimum i alle tre oppgavene begge årene.

De norske resultatene viser at denne oppgaven har den største kjønnsforskjellen i guttenes favør både i PISA 2000 og PISA 2003. De tre oppgavene der kjønnsforskjellen er størst i Norge, er de samme som også skiller seg ut internasjonalt. I PISA er det ikke lett å se noe tydelig mønster i kjønnsforskjeller når det gjelder de faglige områdene. Men jentene ser ut til å klare seg best i oppgaver som setter større krav til lesing, og de fleste av dem måler prosesskompetanse (Kjærnsli mfl 2004:124).

6.4.6 "Tidevann" og "Tidevannsenergi"

Oppgaveenheten i PISA 2000, Tidevann (Tide-2), var en enkelt, åpen oppgave om kunnskap om betingelser for at tidevannskraftverk skal være egnet. Oppgaven krever begrepsforståelse. **Jorda og miljøet** er fagområdet i PISA. I TIMSS rammeverk kunne oppgaven bli plassert i **Jorda i solsystemet og universet**, kategori 1.3.1: tidevann og/ eller **Miljø og ressurser**, kategori 6.3: alternative energikilder.

Tabellene 6.6 a & b viser prosentandel riktige svar for hver oppgave for hvert av de nordiske landene, det nordiske gjennomsnitt unntatt Norge, internasjonalt maksimum og OECD-landenes gjennomsnitt. PISA 2000 og PISA 2003 er sammenstilt for å kunne sammenliknes.

Oppgaveenheten i PISA 2003, Tidevannsenergi (Tide-1), var en flervalgsoppgave som handlet om hvilke påstander om produksjon ved kraftverk som er sanne. Oppgaven krever begrepsforståelse. **Jorda og miljøet** er fagområdet i PISA. I TIMSS rammeverk kunne oppgaven bli plassert i **Jorda i solsystemet og universet**, kategori 1.3.1: tidevann og/ eller **Miljø og ressurser**, kategori 6.3: alternative energikilder.

Men disse to oppgavene, Tide-2 og Tide-1, er forskjellige og ikke sammenlignbare, bortsett fra at de tilhører samme fagområde og emnekategori. Like fullt viser begge et mønster vi tydelig kjenner igjen, men med den forskjell at Tide-1 i PISA 2003 har mye bedre resultater.

Tabell 6.6 a & b Prosentandel riktige svar for oppgavene "Tidevann" og "Tidevannsenergi".

Oppgave Land	PISA 2000 Tidevann	PISA 2003 Tidevannsenergi
Norge	48	62
Sverige	49	59
Danmark	39	61
Finland	58	80
Island	43	55
Nordisk gjennomsnitt	47	64
Internasjonalt maks.	Korea 62	Finland 80
OECD gjennomsnitt	43	62

Det felles gjenkjennelige mønsteret er: Først Finland på 1. plass med et resultat lik eller tett opp under det internasjonale maksimum; så et godt stykke etter kommer Sverige og Norge som stadig veksler mellom 2. og 3. plass, og ofte er nær nordisk og OECD-gjennomsnitt; et stykke etter der igjen Danmark og Island som veksler mellom 4. og 5. plass, og plasserer seg noe under OECD-gjennomsnittet; nordisk gjennomsnitt er ofte litt over OECD-gjennomsnittet. Prosentpoeng-fordelingen er litt forskjellig, men tendensen er den samme.

6.4.7 "Vann"

Oppgaveenheten "Vann", ble gitt i PISA 2003 og består av fire oppgaver; den første er åpen, den andre er flervalg med ett riktig alternativ, den tredje åpen og den fjerde åpen. Den tilhører fagområdet **Teknologi**. I TIMSSs emne-kategorier passer **Miljø og ressurser**, kategori 6.5: Mat, produksjon og lagring, dersom vi legger til: Vann, produksjon og lagring. Enheten handler om metode for å samle opp kondensert vann og krever kompetanse i begrepsforståelse.

Tabell 6.7 viser prosentandel riktige svar for hver oppgave for hvert av de nordiske landene, det nordiske gjennomsnitt unntatt Norge, internasjonalt maksimum og OECD-landenes gjennomsnitt. PISA 2000 og PISA 2003 er sammenstilt for å kunne sammenliknes.

Oppgave 1 (Vann-1) er en åpen oppgave. Med 48% riktige svar ligger Norge over OECD-gjennomsnittet, men under alle de andre nordiske landene og det nordiske gjennomsnittet. Av de norske elevene hadde 42% feilsvar og 10% leverte blankt.

Oppgave 2 (Vann-2) er en flervalgsoppgave med fire valgmuligheter og ett riktig alternativ. Norge ligger under OECD-gjennomsnittet, og også under alle de andre nordiske landene og det nordiske gjennomsnitt. Den ene distraktoren tiltrekker seg omtrent dobbelt så mange feilsvar som hver av de andre.

Oppgave 3a (Vann-3a) er en åpen oppgave. Av de norske elevene svarer ca en-tredjedel riktig, en-tredjedel svarer feil, og en-tredjedel leverer blankt. Og Norge kommer dårligst ut av alle vi sammenlikner oss med.

Tabell 6.7 Prosentandel riktige svar for oppgaveenheten "Vann"

Oppgave Land	PISA 2003 Vann-1	Vann-2	Vann-3a	Vann-3b
Norge	48	58	32	44
Sverige	50	65	41	54
Danmark	49	61	34	51
Finland	56	75	55	73
Island	51	69	34	45
Nordisk gj.sn.	51	68	41	56
Intern. maks.	Korea 65	Finland 75	Finland 55	Finland 73
OECD gj.sn.	45	62	38	50

Oppgave 3b (Vann-3b) er en åpen oppgave. Norge kommer svakest ut av alle de nordiske landene og ligger betydelig under både det nordiske og OECD-gjennomsnittet. Av de norske elevene svarte 21% feil, og hele 35% leverte blankt. Til sammenlikning leverte bare 8% av de finske elevene blankt.

Som en helhet gjorde Norge det meget svakt i denne oppgaveenheten, mens Finland ble best i verden på tre av de fire oppgavene.

6.4.8 Opptelling av oppgaver for PISA 2000 og PISA 2003

Resultatene for PISA 2000 og PISA 2003: Som i TIMSS 1995 og i TIMSS 2003 har jeg, ut fra resultatlistene, beregnet antall oppgaver der Norge gjør det "bedre enn", og "bedre enn eller likt med" de andre resultatene det er aktuelt å sammenlikne seg med.

PISA 2000: For de 16 oppgavene som i hovedsak dekker emneområdet **Jorda og miljøet** fant jeg at: Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn Sverige er $6/16 = 0,375$ eller 38%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn Nordisk gjennomsnitt er $7/16 = 0,438$ eller 44%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn OECD-gjennomsnitt er $7/16 = 0,438$ eller 44%.

For å være litt konstruktiv: I rådatamaterialet er prosentandelene lagt inn med 1 eller 2 desimaler. Differanser som framkommer når to land sammenliknes kan være veldig små, og er de små nok, kan det bero på tilfeldigheter hvilket land som kommer best ut. For eksempel: Differansen mellom Sverige og Norge er 0,3 prosentpoeng. Hvis differansen er mellom -2 og 2 kan jeg velge å sette den lik null og si at verdiene for de to landene er så godt som like store og landene står likt. Etter dette systemet kan jeg foreta en ny opptelling når Norge er "bedre enn eller står likt med".

Den konstruktive opptellingen for PISA 2000: Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Sverige er $10/16 = 0,625$ eller 63%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Nordisk gjennomsnitt er $11/16 = 0,688$ eller 69%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med OECD-gjennomsnittet er $8/16 = 0,50$ eller 50%.

PISA 2003: For de 16 oppgavene som i hovedsak dekker emneområdet **Jorda og miljøet** fant jeg at: Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn Sverige er $2/16 = 0,125$ eller 13%.

Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn Nordisk gjennomsnitt er $1/16 = 0,063$ eller 6%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn OECD-gjennomsnittet er $4/16 = 0,25$ eller 25%.

Den konstruktive opptellingen for PISA 2003: Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Sverige er $4/16 = 0,25$ eller 25%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Nordisk gjennomsnitt er $5/16 = 0,313$ eller 31%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med OECD-gjennomsnittet er $7/16 = 0,438$ eller 44%.

6.4.9 Sammenholdte resultater

Ut fra de opptellingene jeg har foretatt etter de respektive del-kapitlene om TIMSS 1995, TIMSS 2003, PISA 2000 og PISA 2003 er resultatene nå samlet i denne tabellen.

Tabell 6.8 Geofag kunnskaper målt ved prosentandel opptelte oppgaver der Norge er bedre

Data N versus	TIMSS 1995 13-åringer	TIMSS 2003 13-åringer	PISA 2000 15-åringer	PISA 2003 15-åringer
N > Sverige	39	38	38	13
N ≥ Sverige	65	47	63	25
N > Norden	83	-	44	6
N ≥ Norden	91	-	69	31
N > Int. gj.sn.*	87	79	44	25
N ≥ Int. gj.sn.*	91	85	50	44

* OECD-gjennomsnitt for PISA.

Nordisk gjennomsnitt er ikke med i TIMSS 2003 da bare Sverige og Norge var med fra Norden.

Tabell 6.8 viser prosentandelen av oppgaver der norske elever gjør det ”bedre enn” eller ”bedre enn eller likt med” de som vi sammenlikner med. Tallene er prosentandel beregnet ved antall oppgaver i hver undersøkelse der Norge gjør det ”bedre enn” eller ”bedre enn eller likt med” som en andel av alle oppgavene i geofag, og hentet fra tidligere avsnitt i dette kapitlet der de også er omtalt. Men jeg fant det hensiktsmessig å samle alle i en oversiktlig tabell for å kunne se på utviklingen over tid, og mellom de respektive data-kildene.

Som nevnt: I datamaterialet er prosentandelene lagt inn med 1 eller 2 desimaler. Differanser som framkommer når to land sammenliknes kan være veldig små, og er de små nok, kan det bero på tilfeldigheter hvilket land som kommer best ut. For eksempel: Differansen mellom Sverige og Norge er 0,3 prosentpoeng. Hvis differansen er mellom -2 og 2 kan jeg velge å sette den lik null og si at verdiene for de to landene er så godt som like store og landene står likt. Slik kan jeg foreta en ny opptelling der Norge er ”bedre enn eller står likt med”.

Det er verdt å merke seg hvor sterke de norske elevene var i geofag i TIMSS 1995 og fortsatt var i TIMSS 2003. Men det er virkelig et tankekors og et paradoks med den store forskjellen mellom TIMSS 2003 og PISA 2003, og også aldersforskjellen tatt i betraktning.

Disse to undersøkelsene ble gjennomført samtidig. Og slik de er beskrevet i bøkene er de ikke overlappende, men utfyller hverandre på flere måter. Det gjelder fagdidaktiske perspektiver, klassetrinn, utvalgsriterier og især hva de særlig fokuserer på i spørreskjemaene (Grønmo mfl 2004:207). Dette siste, fokus i spørreskjemaene, kan det kanskje være grunn til å dvele litt ved.

Sand (2001) var med på retting og koding av elevenes besvarelser av miljøoppgavene, etter generalprøven for PISA 2000, der norske elever hadde forholdsvis lave prestasjoner. I konklusjonen i hovedoppgaven sin skriver hun om to ting som har slått henne. For det første: Elevenes evne til å formulere egne svar blir synliggjort. Og for det andre: Elevene er ikke spesielt glade i å skrive fullstendige svar. Det gjelder å skrive kortest mulig, og slik kan viktige detaljer bli utelatt (Sand 2001:97). Slik spørreskjemaene i PISA er utarbeidet, med mer tekst å lese og varierte besvarelsesmåter med mer å forholde seg til i løpet av en oppgaveenhet, så kan det tenkes at de er mer krevende enn i TIMSS for elever som ønsker å komme "fort igjennom det".

Når i tillegg to andre forhold tas med i betraktningen, nemlig et par av de mer problematiske funnene fra PISA 2003, at:

- Norske elever synes å ha et dårlig repertoar for læringsstrategier, for eksempel metakognitive ferdigheter, bevissthet om og kontroll av egen læring.
- Norske elever skårer påfallende svakt i det tverrfaglige emnet "Problemløsning", som særlig måler elevenes evne til analytisk resonnering (Kjærnsli mfl 2004:244-249; Grønmo mfl 2004:208)

så kan det se ut som at norske elever ikke bare mangler fagkunnskaper, men også en helhetlig faglig ærgjerrighet. For det første: Denne type faglig ambisjon kan også tenkes å tape seg med alderen hos tenåringer, især fra de er 13 år til de er 15 år gamle. Da vil de heller hygge seg med sine jevnaldrende kamerater. Dette er helt i tråd med et positivt trekk ved norsk skole:

- Norske elever markerer seg positivt når det gjelder følelsen av tilhørighet på skolen (Kjærnsli mfl 2004:250)

Camilla Schreiner (2006:258) refererer et intervju i en norsk avis, etter at de svake resultatene i PISA 2003 var blitt kjent, der noen 15 år gamle skoleelever slår fast at "det sosiale miljøet på skolen er viktigere enn resultatene i OECD-studien". Og videre at dagens unge mennesker er mer opptatt av "det gode liv" enn av skoleprestasjoner og karriere. Men behøver det å være noen motsetning mellom "det gode liv" og sterke skoleprestasjoner?

For det andre: Elevene kan ha lært naturfag når de er 13 år gamle, og da er det present, men de husker det bare for en kort tid. I sin modell for læring som informasjonsbehandling har White (1988) et viktig poeng: En nødvendig komponent i oppbygningen av et individs kunnskaper er oppbevaring av konstruksjonene; det man lærer seg må lagres i hukommelsen. Men hvis det elevene lærer i naturfag er isolerte kunnskapsfragmenter som er uten forankring til relevante aspekter i livet, vil denne lærdommen være utsatt for å kunne glemmes.

7. Konklusjon

I dette kapittelet vil jeg summere opp de viktigste funnene fra naturfag generelt (som bakgrunn) fra rapportene, og for geofag spesielt, og da med mine funn.

Det er gitt ut fire norske rapporter i bokform som inneholder en detaljert beskrivelse av resultatene fra TIMSS 1995 og TIMSS 2003 og PISA 2000 og PISA 2003 sett i en nasjonal og internasjonal sammenheng. Bøkene er:

Hva i all verden skjer i realfagene? Internasjonalt lys på trettenåringers kunnskaper, holdninger og undervisning i norsk skole (Lie, Kjærnsli & Brekke 1997).

Hva i all verden har skjedd i realfagene? Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2003 (Grønmo mfl 2004).

Godt rustet for framtida? Norske 15-åringers kompetanse i lesing og realfag i et internasjonalt perspektiv (Lie mfl 2001).

Rett spor eller ville veier? Norske elevers prestasjoner i matematikk, naturfag og lesing i PISA 2003 (Kjærnsli mfl 2004).

Dertil kom det i 2003 en rapport skrevet på engelsk som tok opp spesielt forholdene i de nordiske land med bakgrunn i PISA-undersøkelsen 2000: *Northern Lights on PISA: Unity and diversity in the nordic countries in PISA 2000* (Lie et al 2003).

Disse bøkene vil være et fint supplement til det som er kommet fram om resultatene i geofag i min undersøkelse, hvis man ønsker å danne seg en forestilling om naturfaget som helhet. Men det er også mitt håp at især norske naturfaglærere kan bli oppmuntret av resultatene for geofaget spesielt i TIMSS-undersøkelsene.

7.1 Oppsummering

For å kunne se resultatene mine i sammenheng med de samlede resultatene i naturfag og dermed i et bredere lys, har jeg valgt å ta med disse oppsummeringene fra de nevnte bøkene.

7.1.1 TIMSS 1995: Elevprestasjoner, 13-åringer (7. klasse)

Deltakerland i Norden, 4: Danmark, Island, Norge, Sverige. (Finland er ikke med.)

Norske elever begynte i 1. klasse som 7-åringer og hadde gått sju år på skole som 13-åringer. I de fleste andre land hadde barna begynt som 6-åringer på den tiden, og hadde gått åtte år på skole som 13-åringer.

Naturfag:

- Norske elever presterer omtrent som gjennomsnittet i naturfag sett under ett.
- De nordiske land som gruppe skårer overraskende lavt i naturfag. Svenske elever er best i Norden.
- I Norge er det større framgang fra 6. til 7. klasse i naturfag enn i de fleste andre land (Overgang fra barneskole til ungdomsskole).

- I naturfag presterer guttene signifikant høyere enn jentene, men forskjellen er ikke spesielt stor i forhold til hva den er i andre land.
- Av de 5 prosent av elevene som skårer høyest i naturfag i Norge, er det en overvekt av gutter.
- Det er bare små forskjeller i prestasjonene til elevene sortert etter typer av skoler, klassestørrelse, landsdeler eller bosettingsmønstre.
- Elever som ikke har norsk som morsmål, ligger faglig sett i naturfag, omtrent ett år etter sine medelever.
- Oppgaveformatet spiller liten rolle for prestasjonene. I naturfag presterer norske elever spesielt godt på oppgaver som krever at elevene gir en forklaring med egne ord.
- Det er ikke noe som tyder på at gutter favoriseres ved bruk av flervalgsoppgaver. Det spiller liten rolle for kjønnsforskjellene om det er flervalgsoppgaver eller åpne oppgaver, både i de norske og i de internasjonale dataene.
- Det er påfallende samsvar i prestasjoner mellom de nordiske landene når faget deles på emner. Det kan synes som det eksisterer en "nordisk læreplan" i naturfag. Særlig er det stor likhet mellom Sverige og Norge og mellom Danmark og Island.
- Norske elever gjør det bedre enn gjennomsnittet i emnene geofag, biologi og miljøspørsmål, men dårlig i kjemi.
- Guttene skårer høyere enn jentene i naturfag, særlig fordi de gjør det klart bedre i emnene geofag, fysikk og kjemi; denne tendensen øker fra 6. til 7. klasse (Overgang fra barneskolen til ungdomsskolen). (Lie mfl 1997:211-212).

7.1.2 TIMSS 2003: Elevprestasjoner, 13-åringer (8. klasse)

Deltakerland i Norden, 2: Norge og Sverige. (De andre er ikke med.)

Norske elever har begynt i 1. klasse som 6-åringer og går i 8. klasse som 13-åringer.

Naturfag:

- Både i Norge og for det internasjonale gjennomsnittet er det i 8. klasse små, men signifikante kjønnsforskjeller i guttenes favør i naturfag.
- I 8. klasse presterer norske elever relativt best på fagområdet geofag og dårligst på områdene fysikk og kjemi.
- Det er stor variasjon mellom de ulike fagområdene når det gjelder kjønnsforskjeller blant de norske elevene. I 8. klasse er det størst kjønnsforskjell i geofag, der guttene skårer klart bedre enn jentene. De norske guttene skårer også bedre i kjemi, fysikk og miljølære, mens jentene skårer noe bedre i biologi (Grønmo mfl 2004:202).

7.1.3 PISA 2000: Elevprestasjoner, 15-åringer

Deltakerland i Norden, 5: Danmark, Finland, Island, Norge, Sverige.

Naturfag:

- I naturfag skårer norske elever temmelig nær gjennomsnittet blant OECD-landene, langt svakere enn Finland, men omtrent som de andre nordiske landene.
- I naturfag er det ikke signifikante forskjeller mellom kjønn når det gjelder resultater på fagprestasjoner. Dette er det motsatte av i TIMSS blant 13-åringer.
- I realfag er spredningen i de norske resultatene omtrent som gjennomsnittet av land, men litt over i naturfag.
- I naturfag presterer jentene forholdsvis best på oppgaver som vektlegger prosesskompetanse, mens guttene gjør det forholdsvis best på oppgaver som primært krever begrepsforståelse (Lie mfl 2001:277-278).

7.1.4 PISA 2003: Elevprestasjoner, 15-åringer

Deltakerland i Norden, 5: Danmark, Finland, Island, Norge, Sverige.

Naturfag:

- Norske elever skårer betydelig lavere i naturfag enn OECD-gjennomsnittet.
- Norge er blant de landene som har størst tilbakegang fra PISA 2000.
- Det er små forskjeller mellom jentenes og guttenes prestasjoner, og de går i guttenes favør. I alle land skårer jentene bedre på oppgaver som hovedsakelig måler prosesskompetanse, mens guttene skårer best på oppgaver som måler begrepsforståelse (Kjærnsli mfl 2004:244).

Endringer i elevprestasjoner fra PISA 2000 til PISA 2003.

- De områdene som i PISA 2000 var problematisk, framstår nå som enda mer problematisk.
- Norske elever skårer i PISA 2003 svakere enn i PISA 2000 på alle de emnene der vi kan sammenlikne i detalj, med særlig stor tilbakegang i naturfag.
- Norske elever markerte seg i PISA 2000 med et særlig svakt repertoar av læringsstrategier (Kjærnsli mfl 2004:250).

7.1.5 Oppsummering av mine funn i geofag

Kunnskapsmengde

TIMSS 1995

Resultatene for TIMSS 1995: I sum var resultatene for de 23 geofagoppgavene i TIMSS 1995 mye å glede seg over. Det jeg finner er at: Antallet oppgaver der Norge gjør det bedre enn Sverige er $9/23 = 0,391$ eller 39%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn Nordisk gjennomsnitt er $19/23 = 0,826$ eller 83%. Antallet oppgaver der Norge gjør det bedre enn Internasjonalt gjennomsnitt er $20/23 = 0,869$ eller 87%.

Som nevnt: I data-materialet er prosentandelene lagt inn med 1 eller 2 desimaler.

Differansene som framkommer når to land sammenliknes kan være veldig små, og er de små nok kan det bero på tilfeldigheter hvilket land som kommer best ut. For eksempel:

Differansen mellom Sverige og Norge er 0,3 prosentpoeng. Hvis differansen er mellom -2 og

2 kan jeg velge å sette den lik null og si at verdiene for de to landene er så godt som like store og landene står lik. Så kan jeg telle opp når Norge er ”bedre enn eller står likt med”.

Den konstruktive opptellingen for TIMSS 1995: Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Sverige er $15/23 = 0,652$ eller 65%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Nordisk gjennomsnitt er $21/23 = 0,913$ eller 91%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Internasjonalt gjennomsnitt er $21/23 = 0,913$ eller 91%.

Det synes klart at Geofag er det av naturfagene der norske elever gjør en meget god innsats i TIMSS 1995. Geofag skiller seg ut som det sterkeste fagområdet av naturfagene.

TIMSS 2003

Resultatene for TIMSS 2003: I sum var resultatene for de 34 oppgavene i Geofag mye å glede seg over i TIMSS 2003. Det jeg finner er at: Antallet oppgaver der Norge gjør det bedre enn Sverige er $13/34 = 0,382$ eller 38%. Antallet oppgaver der Norge gjør det bedre enn Internasjonalt gjennomsnitt er $27/34 = 0,794$ eller 79%. (Nesten 80%!)

Den konstruktive opptellingen for TIMSS 2003: Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Sverige er $16/34 = 0,471$ eller 47%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Internasjonalt gjennomsnitt er $29/34 = 0,853$ eller 85%.

Det synes klart at Geofag er det av naturfagene der norske elever fortsatt gjør en god innsats i TIMSS 2003. Geofag skiller seg ut som det sterkeste fagområdet av naturfagene.

PISA 2000

Resultatene for PISA 2000: For de 16 oppgavene som i hovedsak dekker emneområdet **Jorda og miljøet** fant jeg at: Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn Sverige er $6/16 = 0,375$ eller 38%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn Nordisk gjennomsnitt er $7/16 = 0,438$ eller 44%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn OECD-gjennomsnitt er $7/16 = 0,438$ eller 44%.

Den konstruktive opptellingen for PISA 2000: Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Sverige er $10/16 = 0,625$ eller 63%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Nordisk gjennomsnitt er $11/16 = 0,688$ eller 69%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med OECD-gjennomsnittet er $8/16 = 0,50$ eller 50%.

PISA 2003

Resultatene for PISA 2003: For de 16 oppgavene som i hovedsak dekker emneområdet **Jorda og miljøet** fant jeg at: Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn Sverige er $2/16 = 0,125$ eller 13%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn Nordisk gjennomsnitt er $1/16 = 0,063$ eller 6%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn OECD-gjennomsnittet er $4/16 = 0,25$ eller 25%.

Den konstruktive opptellingen for PISA 2003: Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Sverige er $4/16 = 0,25$ eller 25%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med Nordisk gjennomsnitt er $5/16 = 0,313$ eller 31%. Antall oppgaver der Norge gjør det bedre enn eller likt med OECD-gjennomsnittet er $7/16 = 0,438$ eller 44%.

Det henvises også til min tabell 6.8 der denne informasjonen er uttrykt i en samlet tabell.

Kunnskapsprofil over fagemner i geofag

Denne delen av oppsummeringen er av mer diskutabel karakter. Skiller det seg ut noe mønster med hensyn til hvor mye norske elever har demonstrert av kunnskap innenfor de enkelte emnene av geofagene?

”Kunnskapsprofilene” mine, se vedlegget, for TIMSS 1995, TIMSS 2003, PISA 2000 og PISA 2003 vil på en oversiktlig og helhetlig måte kunne vise noe om dette, sammen med min omtale av oppgavene i Resultat-kapittelet.

TIMSS 1995 og TIMSS 2003

TIMSS 1995 og TIMSS 2003 dataene har samme tendens og viser at de norske elevene skårer høyest på oppgaver i geofagemner av typen: **Jordas plass i solsystemet og universet**, kategori 1.3.x, som derfor settes på førsteplass. Men gode skåreverdier hentes også i de andre kategoriene, der vi på andreplass finner: **Jordas prosesser**, kategori 1.2.x. Oppgaver som handler om vær og klima, meteorologiske forhold og vannets kretsløp, er oppgaver der norske elever har skåret særlig høyt i forhold til de andre landene. Fra tredjeplass, **Jordas oppbygning**, kategori 1.1.x: om Atmosfæren, kommer en oppgave med et særlig godt resultat for Norge i TIMSS 1995. Forsøksvis kan disse plasseringene settes opp.

De beste besvarelsene med høy skåre i forhold til andre land:

TIMSS 1995: 1.3.x: (3) 1.2.x: (4) 1.1.x: (1)

TIMSS 2003: 1.3.x: (8) 1.2.x: (3) 1.1.x: (8)

De mindre bra besvarelsene med lav skåre i forhold til andre land:

TIMSS 1995: 1.3.x: (1) 1.2.x: (1) 1.1.x: (3)

TIMSS 2003: 1.3.x: (0) 1.2.x: (1) 1.1.x: (2)

Middels besvarelser i takt med andre land:

TIMSS 2003: 1.3.x: (2) 1.2.x: (2) 1.1.x: (1)

I sum: Resultatene viser tendenser, men er ikke entydige. Oppgavenes faglige innhold og ordlyd er sterkt medvirkende faktorer for utfallet.

PISA 2000 og PISA 2003

PISA 2000 og PISA 2003 dataene kan ikke organiseres på samme måte. Det kommer ikke fram noen tendenser med hensyn til mulige mønstre etter fagemner innenfor området **Jorda og miljøet**. Men det har også sammenheng med oppgaveenhetenes oppbygning. PISA-enheterne er ikke konstruert etter entydige faglige termer med tanke på å måle faktakunnskap fra et pensum. PISA måler kompetanser, begrepsforståelse og prosesskompetanse.

Det skal minnes om at et av funnene fra hovedrapporten var at i alle land presterer guttene relativt sett bedre i oppgaver som måler begrepsforståelse, mens jentene presterer bedre på oppgaver der hovedtyngden ligger på prosesskompetanse (Kjærnsli mfl 2004:120).

7.2 Sammendrag og Konklusjon

7.2.1 Konstruksjon av kunnskap

Utgangspunktet for denne hovedfagsoppgaven har vært en interesse for det konstruktivistiske vitenskapssyn, og dette vitenskapssynets sammenheng med hva som har foregått av forskning innen utvikling av læringsteorier. Med min bakgrunn i utviklingspsykologi ble et viktig kjerneområde det didaktiske imperativ: Læring av naturfag – hvordan foregår det – og hvilke konsekvenser har dette for undervisningen i en skolesituasjon – hvis noen?

Dertil har jeg interessert meg for geofag, og med en bred basis også i dette faget på universitetsnivå, ble det naturlig å forfølge kombinasjonen **læring** og **geofag** inn i den naturfagdidaktiske forskningen på barns kunnskaper, ideer og utvikling av mentale modeller.

Det har ikke foregått mye forskning på geofaglig forståelse hos unge mennesker, men jeg har funnet og vist noen eksempler på barns mentale modeller og utviklingen av disse. Det synes desto viktigere å trekke fram disse få, fordi geofag er et sentralt fagområde for å orientere seg i og forstå vårt fysiske verdensbilde.

Geofag har faktisk stått sterkere i skolesammenheng enn mange er klar over, fordi det til tider har vært et litt kamouflert fag. Forklaringen kan ligge i at det kan være vanskelig å oppdage det enkelte faget i en integrert faggruppe, slik som samfunnsfag og natur- og miljøfag er, og geofag har tradisjonelt ofte vært plassert i disse fagområdene.

7.2.2 Elevers kunnskaper i geofag

For å belyse norske elevers kunnskaper og forestillinger i geofag har data fra de store internasjonale undersøkelsene TIMSS og PISA vært en spesielt interessant datakilde. Et av de store potensialene som ligger i denne typen undersøkelser, er dataenes internasjonale vesen. Det gjør det mulig å velge ut de deltakerlandene som det er relevant å sammenlikne egne nasjonale resultater med, og slik kunne se resultatene for enkeltland i et for eksempel nordiske eller i et internasjonalt perspektiv.

TIMSS-dataene egnet seg godt for min undersøkelse med det foreliggende materialet innen det ønskede fagområdet geofag, *Earth Science*. Og med to årganger tilgjengelig, TIMSS 1995 og TIMSS 2003, var det også mulig å se på suksessen eller utviklingen av mengden av fagkunnskaper hos elevene. I boka fra TIMSS 2003 finnes en Figur 11.2 som viser en Sammenlikning mellom intendert, implementert og resultert læreplan for naturfag i 8. klasse (Grønmo mfl 2004:205). Der kommer det fram, ikke uventet, at norske elever skårer relativt best på fagområder der mange av emnene er dekket av L 97, og som er viet mye tid i undervisningen i 8. klasse, og de skårer forholdsvis best på det som vektlegges mest. Det sees at både ambisjonene og prestasjonene for geofag er høye, og høyere enn for de andre naturfagene. Og undervisning nytter, elevene blir bedre i det de trener på. De prioriteringene av faglig art som ligger til grunn for kurvens utseende, har sin bakgrunn i et bevisst syn på naturfag som særlig rettet mot perspektiver og anvendelse i dagligliv og samfunn, i tråd med den generelle delen av L 97 (Grønmo mfl 2004:205).

7.2.3 Elevers kompetanser

PISA derimot har utviklet definisjoner av kompetanse som det er internasjonalt enighet om vil være sentrale i tida framover, både i yrkeslivet og i samfunnet generelt. ”PISA-

resultatene kan derfor sies å være en evaluering av norsk skole på eksterne premisser. Det grunnleggende spørsmålet PISA stiller i forhold til norsk skole er: ”I hvilken grad lykkes det norske skolesystemet i å fostre noen grunnleggende kompetanser som det er bred internasjonal enighet om vil være viktige for unge mennesker i et livslangt perspektiv?” Og videre i boka til Kjærnsli og medarbeidere (2004) hevdes det at det som er vektlagt i PISA av kunnskaper, ferdigheter og holdninger, langt på vei representerer nettopp de overordnede målene som vektlegges i L 97. Dersom myndighetene oppfatter prestasjonsnivået i naturfagene som ”for svakt ” med bakgrunn i PISA-dokumentasjonen, og skulle ønske å gjøre noe med det, ville en brukbar strategi være å utvikle mer presise og konkrete beskrivelser av hva det betyr at kompetansemålene er nådd (Kjærnsli mfl 2004:251-253).

Norske læreplaner tar mål av seg til å gi kursendringer angående lærer- og elevroller, og med L 97 fikk vi i norsk grunnskole en kraftig kursendring, selv om den delvis dreide seg om videreføring av tidligere signaler i M 87 og også M 74. Pedagogiske kursendringer er noe som normalt ikke skjer på grunn av at noe nytt er empirisk påvist å fungere bedre enn det gamle. Så også med L 97: Store endringer er innført når det gjelder den pedagogiske tilnærmingen, men det har kanskje vært liten forståelse for at det ikke er enkelt å få endringer til å fungere etter forutsetningene. Kanskje er det også uklart hva disse forutsetningene består i (Kjærnsli mfl 2004:255).

7.2.4 Undervisning og skole

Her vil jeg nå trekke litt videre i den ledetråden som ble lagt ut på slutten av kapittel 6, Resultat-kapittelet, der jeg stoppet opp ved norske 15-åringers tilsynelatende manglende faglige ærgjerrighet. Jeg stilte spørsmål om det behøver å være noen motsetning mellom ”det gode ungdomsliv” og gode prestasjoner i skolen. Personlig tror jeg ikke det, og jeg vil bare trekke fram de finske elevene for å underbygge dette. Det er ingen grunn til å tro at ikke de finske også lever et rikt, sosialt ungdomsliv.

Kjærnsli og medarbeidere (2004:246) skriver at det er tydeligvis generelle, mer enn fagspesifikke grunner til at de finske elevene skårer så høyt; og at det dreier seg om forskjeller som gjør at finske elever i en helt annen grad enn norske elever har kunnskaper og intellektuelle ferdigheter som gjør dem godt rustet for videre utdanning og ”livslang læring”. Dette slutter jeg meg til. Jeg tror at deres fokus, deres verdigrunnlag, den kulturen og den historien de har med seg som ballast fra sine foreldre og fra sitt samfunn er noe annerledes.

Jeg tør ikke si om dette er noe norske ungdommer en gang har hatt, men nå har lagt bak seg. Imidlertid tror jeg ikke at det er noen snarvei til en slik kultur for norske ungdommer i et moderne samfunn. Men det er mitt håp at studier innen realfagdidaktikk, pedagogikk og samfunnsforskning skal kunne bringe fram i lyset modeller for undervisning og praksis i skolen, og at disse skal være til hjelp for at våre ungdommer finner studier og kunnskaper meningsfylt på et personlig og engasjert plan. Og kanskje kan den individualistisk orienterte ungdommen etter hvert få oppleve at det som er relevant på et personlig og meningsfylt plan kan gjøres om til et felles globalt engasjement som føles personlig relevant og derfor interessant. Det gjelder vår egen planet Jorden og våre livsbetingelser her.

I see it as important that school science (and schooling in general) aim to develop in young people a feeling that they can influence the development at a personal as well as at a wider local, national and even global level. Only if they believe that they, individually and in groups, can make a difference, will they become active participants in society (Schreiner 2006:269).

Fremtiden kommer ikke av seg selv – du må skape den!

8. Referanser

- Aikenhead, Glen (1996): Science Education: Border Crossing into the Subculture of Science, *Studies in Science Education*, 27:1-52.
- Angell, Carl (1996): Elevers fysikkforståelse. En studie basert på utvalgte fysikkoppgaver i TIMSS. Dr.scient-avhandling ved Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo, Norge.
- Angell, C., Kjærnsli, M. & Lie, S. (1999): Hva i all verden skjer i realfagene i videregående skole? Universitetsforlaget, Oslo.
- Angell, C., Kjærnsli, M. & Lie, S. (2000): Exploring Students Responses on Free-Response Science Items in TIMSS. In Shorrocks-Taylor, D. & Jenkins, E.W. (eds): *Learning from Others. International Comparisons in Education* (pp 159-188). Science & Technology Education Library, Volume 8, Nederland: Kluwer Academic Publishers.
- Arnesen, Nina Elisabeth (2002): Gammel jord gjennom ny teknologi. Hovedfagsoppgave i naturfagdidaktikk, Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling. Universitetet i Oslo.
- Ary, D., Jacobs, L.C. & Razavieh, A. (1996): *Introduction to Research in Education*. Holt, Rinehart & Winston. Harcourt Brace College Publishers, Texas.
- Ausubel, David P. (1968): *Educational Psychology: A Cognitive View*. Holt, Rinehart & Winston Inc. New York.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D., Hanesian, H. (1978): *Educational psychology: A cognitive view*. Holt, Rinehart & Winston Inc.
- Bakhtin, M.M. (1981): *The Dialogic Imagination: Four Essays* by M.M. Bakhtin, (ed), Michael Holquist, trans. Caryl Emerson & Michael Holquist, University of Texas Press, Austin.
- Bates, R.L. & Jackson, J.A. (eds) (1984): *Dictionary of Geological Terms* (3rd edition), American Geological Institute, Anchor Books, Doubleday.
- Berger, Peter & Luckman, Thomas (1967): *The Social Construction of Reality*. Doubleday, New York, NY.
- Bergem, Ole Kristian (2002): Utvikling av matematikkoppgaver i PISA. Hovedfagsoppgave i realfagdidaktikk. Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo.
- Bruner, Jerome S. (1978): The role of dialogue in language acquisition. In A. Sinclair, R. Jarvella & W. Levelt (eds): *The Child's Conception of language*. New York: Springer Verlag.
- Bruner, Jerome S. (1985): Vygotsky: A Historical and Concetual Perspective. In: J. Wertsch (ed), *Culture, Communication and Cognition: Vygotskian Perspectives*. Cambridge University Press, England, p. 21-34.
- Carey, S. (1985): *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge MIT Press.

- Coburn, W.W. (1996): Worldview theory and Conceptual Change in Science Education. *Science Education*, 80/5: 579-610.
- Dale, B., Jones, M. & Martinussen, W. (1985): *Metode på tvers: Samfunnsvitenskapelige Forskningsstrategier som kombinerer metoder og analysenivåer*. Tapir. Trondheim.
- DiSessa, A.A. (1982): Unlearning Aristotelian physics: a study of knowledge-based learning. *Cognitive Science* 6, 37-75.
- DiSessa, A.A. (1983): Phenomenology and the evolution of intuition. In D. Gentner & A.L. Stevens (eds), *Mental Models*, 15-33. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- DiSessa, A.A. (1993): Towards an epistemology of physics. *Cognition and Instruction* 10, 105-225.
- Driver, Rosalind (1973): The representation of conceptual frameworks in young adolescent science students. Unpublished PhD thesis. University of Illinois.
- Driver, Rosalind (1983): *The Pupil as Scientist?* The Open University Press. England.
- Driver, Rosalind (1988): A Constructivist Approach to Curriculum Development. In P. Fensham (ed): *Development and Dilemmas in Science Education*. The Falmer Press, London.
- Driver, R. & Easley, J. (1978): Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education* 5, 61-84.
- Driver, R. & Erickson, G.L. (1983): Theories-in-Action: Some Theoretical and Empirical Issues in the Study of Students' Conceptual framework in Science. *Studies in Science Education*:10:37-60.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985): *Children's Idea in Science*. Open University Press, UK.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996): *Young People's Images of Science*. Buckingham: Open University Press.
- Duit, R. (1995): The Constructivist View: A Fashionable and Fruitful Paradigm for Science Education Research and Practice. In L.P. Steffe & J. Gale: *Constructivism in Education*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Engelstad, Fredrik (1985): Finnes det en kvantitativ og en kvalitativ forskningsmetode? I B. Dale, M. Jones & W. Martinussen: *Metode på tvers: Samfunnsvitenskapelige forskningsstrategier som kombinerer metoder og analysenivåer*. Tapir, Trondheim.
- Edwards, Derek & Mercer, Neil (1987): *Common Knowledge: The Development of Understanding in the Classroom*. London: Methuen/ Routledge.
- Gagné, Robert M. (1962): The acquisition of knowledge. *Psychological Review*, 69: 355-365.
- Gagné, Robert M. (1977): *The Conditions of Learning*. 3rd edn. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Gagné, Robert M. & White, Richard T. (1978): Memory structures and learning outcomes. *Review of Educational Research*, 48: 187-222.
- Gisselberg, K., Kjærnsli, M., Lie, S. & Weng, P. (1996): Preliminary notes from a Nordic study on item formats in TIMSS. Universitetet i Oslo, Norge. (Upublisert materiale)

- Glaserfeld, Ernst von (1992): A constructivist's view of learning and teaching. In R. Duit, Goldberg & Niedderer (eds): Research in Physics learning: Theoretical issues and Empirical Studies. Institute for Science Education. University of Kiel.
- Goodlad, John I. (1979): The Scope of the Curriculum Field. (Chap 1) In J.I. Goodlad et al. (eds): Curriculum Inquiry: The Study of Curriculum Practice. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Goodlad, J.I., Klein, M.F. & Tye, K.A. (1979): The Domains of Curriculum and Their Study. (Chap 2) In J.I. Goodlad et al. (eds): Curriculum Inquiry: The Study of Curriculum Practice. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Gronlund, N. E. (1998): Assessment of Student Achievement. Allyn & Bacon Needham Heights, MA 02194 USA.
- Grønmo, L.S., Bergem, O.K., Kjærnsli, M., Lie, S. & Turmo, A. (2004): Hva i all verden har skjedd i realfagene? Norske elevers prestasjoner i matematikk og naturfag i TIMSS 2003. Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling. Universitetet i Oslo.
- Gundem, Bjørg B. (1990): Læreplanpraksis og læreplanteori. En innføring. En introduksjon til læreplanområdet. Universitetsforlaget, Oslo.
- Gundem, Bjørg B. (1993): Mot en ny skolevirkelighet? Ad notam Gyldendal, Oslo.
- Gunstone, Richard F. (1988): Learners in Science Education. In P. Fensham (ed): Development and Dilemmas in Science Education. London, Falmer Press.
- Gunstone, Richard & White, Richard T. (2000): Goals, methods and achievements of research in science education. (Chap 16). In R. Millar, J. Leach, & J. Osborne (eds): Improving science education: The contribution of research. Open University Press, Buckingham, UK.
- Hansen, Pål J. Kirkeby (1996): "Alle snakker om været..." En teoretisk og empirisk undersøkelse av grunnskolens undervisning i vær og klima og elevenes forståelse av emnet. Dr. scient.-avhandling, Universitetet i Oslo og Høgskolen i Oslo.
- Harré, R. & Gillett, G. (1994): The Diskursive Mind. Sage Publications, Thousand Oaks, California.
- Happs, John C. (1985): Regression in learning outcomes: Some examples from the earth sciences. European Journal of Science Education, 7(4): 431-443.
- Hellevik, Ottar (2002): Forskningsmetode i sosiologi og statsvitenskap. Universitetsforlaget, Oslo.
- Hewson, P.W. (1982): A case study of conceptual change in special relativity: The influence of prior knowledge in learning. European Journal of Science Education, Vol. 4, No 1:61-78.
- Holton, Gerald (1992): How to think about the "anti-science phenomenon"? Public Understanding of Science, 1:103-128.
- Imsen, Gunn (1998): Elevens verden: Innføring i pedagogisk psykologi. Universitetsforlaget, Oslo.
- Imsen, Gunn (1999/1997): Lærerens verden: Innføring i generell didaktikk. Universitetsforlaget, Oslo.
- Jackson, Julia A. (ed) (1997): Glossary of Geology (4th edition) Alexandria Virginia: American Geological Institute.

- Johnstone, A.H. (1988): Some messages for teachers and examiners: an information processing model. In Thijs, G.D., Boer, H.H., Macfarlane, I.G. & Stoll, C.J. (1988): Learning difficulties and teaching strategies in secondary school science and mathematics. Proceedings regional conference, 8-11 December 1987. Centre for development cooperation services, Free University, Amsterdam.
- Kind, P.M., Kjærnsli, M., Lie, S. & Turmo, A. (1999): Hva i all verden gjør elevene i realfag? Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling. Universitetet i Oslo.
- Kjærnsli, M., Lie, S., Stokke, K.H. & Turmo, A. (1999): Hva i all verden kan elevene i naturfag? Oppgaver med resultater og kommentarer. Universitetsforlaget, Oslo.
- Kjærnsli, M., Lie, S. & Turmo, A. (1999): Two-digit codes for science and mathematics. Results from a Norwegian workshop. PISA report no. 4. Department of Teacher Education and School Development, University of Oslo. <http://www.ils.uio.no/forskning/pisa/dokument>
- Kjærnsli, M., Angell, C. & Lie, S. (2002): Exploring population 2 students' ideas about science. In Robitaille, D.F. & Beaton, A. (eds): Secondary Analysis of the TIMSS Data. Nederland, Kluwer Academic Publishers.
- Kjærnsli, M., Lie, S., Olsen, R.V., Roe, A. & Turmo, A. (2004): Rett spor eller ville veier? Norske elevers prestasjoner i matematikk, naturfag og lesing i PISA 2003. Universitetsforlaget, Oslo.
- Knain, Erik (1999): Naturfagets tause stemme. Diskursanalyse av lærebøker for Natur- og miljøfag i et allmenndannelsesperspektiv. Dr. scient.-avhandling, Universitetet i Oslo. Unipub Forlag.
- Kuhn, Thomas S. (1962): The structure of scientific revolutions. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Leach, John & Scott, Phil (2003): Individual and Sociocultural Views of Learning in Science Education. Science and Education, Vol. 12, Issue 1: 91-113.
- Lie, S., Kjærnsli, M. & Brekke, G. (1997): Hva i all verden skjer i realfagene? Internasjonalt lys på trettenåringers kunnskaper, holdninger og undervisning i norsk skole. Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling. Universitetet i Oslo.
- Lie, S., Kjærnsli, M., Roe, A. & Turmo, A. (2001): Godt rustet for framtida? Norske 15-åringers Kompetanse i lesing og realfag i et internasjonalt perspektiv. Acta Didactica 4/ 2001. Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling. Universitetet i Oslo.
- Lie, S., Linnakylä, P. & Roe, A. (red) (2003): Northern Lights on PISA. Unity and diversity in the Nordic countries in PISA 2000. Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling. Universitetet i Oslo.
- Mercer, Neil (1995): The Guided Construction of Knowledge: Talk Amongst Teachers and Learners. Multilingual Matters Ltd. Clevedon, Great Britain.
- Miller, George A. (1956): The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. Psychological Review, 63: 81-97.
- Mortimer, Eduardo & Scott, Phil (2000): Analysing discourse in the science classroom. In R. Millar, J. Leach & J. Osborne (eds): Improving science education: the contribution of research. Open University Press. Buckingham – Philadelphia.

- Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Smith, T.A., Garden, R.A., Gregory, K.D., Gonzalez, E.J., Chrostowski, S.J. & O'Connor, K.M. (2001): TIMSS Assessment Frameworks and Specifications 2003. International Association for the Evaluation of Educational Achievement / Boston College.
- Murray, H.A. (1938): Explorations in Personality. New York: Oxford University Press.
- Naterstad, Johan (1995): Geologi: Et glemt naturfag mellom folketro og overtro. NRK: P2-akademiet, Oslo.
- Nilssen Fossland, Torunn I. (1993): Konstruktivisme i klasserommet. Hovedfagsoppgave i realfagdidaktikk. Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling. Universitetet i Oslo.
- Novak, J.D. (1985): Metalearning and metaknowledge strategies to help students learn how to learn. In West, L.H.T. & Pines, A.L. (eds): Cognitive structure and conceptual change. Academic Press Inc., Orlando, USA.
- Nussbaum, Joseph (1985): The Earth as a Cosmic Body. In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (eds): Children's Ideas in Science. Milton Keynes, Open University Press. UK.
- OECD (1999): Measuring Student Knowledge and Skills. A New Framework for Assessment. Organisation for Economic Co-Operation and Development.
- OECD (2000): Measuring Student Knowledge and Skills. The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematics and Scientific Literacy. Organisation for Economic Co-Operation and Development.
- OECD (2003): The PISA 2003 Assessment Framework. Organisation for Economic Co-Operation and Development.
- Olsen, Richard V. (2000): Fra tall til ord. Å tilordne meningsfulle verbale beskrivelser til en måleskala. ILS, Universitetet i Oslo (Foredrag på Notodden-konferansen for naturfagdidaktikk 17.okt.).
- Olsen, R.V., Turmo, A. & Lie, S. (2001): Learning about students' knowledge and thinking in science through large-scale quantitative studies. European Journal of Psychology of Education, Volume 16, no. 3.
- Osborne, Jonathan F. (1996): Beyond Constructivism. Science Education, Vol 80 no 1: 53-82.
- Piaget, Jean (1930): The Child's Conception of Physical Causality. Kegan Paul, Trench, Trubner & Co. LTD, London. New York: Harcourt Brace & Company. Oversettelse av La causalité physique chez l'enfant fra 1927.
- Piaget, Jean (1977): The Child's Conception of the World. 2. Edition. Paladin, London. Oversettelse av La représentation du monde chez l'enfant fra 1926.
- Piaget, Jean & Inhelder, B. (1974): Barnets psykologi. J.W. Cappelens Forlag a.s., Oslo.
- Ringnes, Vivi (1993): Elevers kjemiforståelse og læringsvansker knyttet til kjemibegreper. Dr.scient.-avhandling. Oktober 1993. Universitetet i Oslo.
- Robitaille, D.F. (red) (1993): Curriculum Frameworks for Mathematics and Science. The Third International Mathematics and Science Study. TIMSS Monograph No. 1. Pacific Educational Press, Vancouver, Canada.

- Sand, Anne Grete (2001): Hullet i drivhuseffekten. Hovedfagsoppgave, ILS. Universitetet i Oslo.
- Schnack, Karsten (1993): Handlingskompetanse og politisk dannelse. Nogle baggrunde og indledende betragtninger. I B. Jensen & K. Schnack (red.): Handlekompetence som didaktisk begreb. sidene 5-15.
- Schreiner, Camilla (2006): EXPLORING A ROSE-GARDEN: Norwegian youth's orientations towards science – seen as signs of late modern identities. Based on ROSE (The relevance of Science Education), a comparative study of 15 year old students' perceptions of science and science education. Dr. Scient.-avhandling. Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo.
- Shamos, Morris A. (1995): The Myth of Scientific Literacy. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey.
- Sharp, J.G., Bowker, R., Mooney, C.M., Grace, M., Jeans, R. (1999): Teaching and learning astronomy in primary school. *School Science Review*, Vol. 80, No 292:75-86.
- Sjøberg, Svein (1998): Naturfag som allmenndannelse – en kritisk fagdidaktikk. Ad Notam Gyldendal, Oslo.
- Solomon, Joan (1987): Social influences on the construction of pupils's understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.
- Solomon, Joan & Aikenhead, Glen S. (eds) (1994): STS Education – International perspectives on reform. New York: Teachers College Press.
- Sutton, Clive (1993): Figuring out a Scientific Understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 30, no 10: 1215-1227.
- Sutton, Clive (1980a): The Learner's Prior Knowledge: A Critical Review of Techniques for Probing its Organization. *European Journal of Science Education*. Vol 2, no 2:107-120.
- Thomas, G. & Durant, J. (1987): Why should we promote the public understanding of science? *Scientific Literacy Papers*, 1, 1-14. University of Oxford, Department of External Studies.
- Thurber, J. (1933): *My life and hard times*. New York: Harper and Brothers.
- Thesiger, W. (1959): *Arabian Sands*. New York: Dutton.
- Toulmin, S.E. & Goodfield, J. (1967): *The Fabric of Heavens*. Hutchinson: London.
- Trembath, R.J. & White, Richard T. (1979): Mastery achievements of intellectual skills. *Journal of Experimental Education*, 47: 247-252.
- Turmo, Are (2003): Science education and international studies. Large international studies as a frame for research in science education: A discussion with examples on how data from PISA 2000 can enlighten facets of the construct scientific literacy. Doctoral thesis, University of Oslo, Faculty of Education, Department of Teacher Education and School Development, Oslo.
- Viennot, L. (1979): Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education* 1, 2: 205-221.
- Vincentini, Matilde (2001): personlig kommentar til forskerkolleger, 21. mars 2001.

- Vosniadou, Stella (1994b): Capturing and modeling the process of conceptual change. In: Learning and Instruction. Vol. 4: 45-69.
- Vosniadou, Stella (2001): Conceptual Change Research and the Teaching of Science. Part 5: Conceptual Change – Teaching and Learning Processes. In H. Behrendt et al (eds): Research in Science Education – Past, Present, and Future. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Vygotsky, Lev S. (1978): Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Vygotsky, Lev S. (1986): Thought and language. MIT Press.
- Vygotsky, Lev S. (1987): The Collected works of L.S. Vygotsky, Volume 1. New York: Plenum.
- White, Richard T. (1994b): Conceptual and conceptional change. Learning and Instruction, 4(1): 117-121
- White, R.T. & Tischler, R.P. (1986): Research on Natural Sciences. In Wittrock, M.C. (eds): Handbook of Research on Teaching, 3rd ed, Macmillan, New York, USA. 874-905.
- White, Richard T. (1988): Learning Science. Oxford, UK: Basil Blackwell Ltd.
- White, Richard T. & Gunstone, Richard (1992): Probing Understanding. London: Falmer.

9. Vedlegg

9.1 Naturfagkategorier

(Detailed Science Framework Categories)

1 GEOVITENSKAP (Earth Sciences)

1.1 Jordas oppbygning

- 1.1.1 Jordas forskjellige lag og sammensetning (skorpe, mantel, kjerne; fordeling av metaller, mineraler)
- 1.1.2 Landformer (fjell, daler, kontinenter, topografi, kart)
- 1.1.3 Vann (hav, sjøer, dammer, tjern, dyphav, elver)
- 1.1.4 Atmosfæren (lag av atmosfære [ionosfæren, stratosfæren, etc])
- 1.1.5 Bergarter og jordsmonn (jordtyper, jordartsdannelse, pH i jorda, bergartsklasser, spesielle bergarter og deres bruk)
- 1.1.6 Isformer (breer, fonner, isfjell, iskapper [Antarktis, Grønland])

1.2 Jordas prosesser

- 1.2.1 Vær og klima (værkart, værvarsler, orkaner, stormer, årstider)
- 1.2.2 Fysiske kretsløp (bergartsyklus, vannets kretsløp, biosfære-/atmosfære-kretsløp)
- 1.2.3 Oppbygging og nedbryting (plate tektonikk, jordskjelv, vulkaner)
- 1.2.4 Jordas historie (geologisk tidsregning, danning av fossiler, fossilt brennstoff, mineral-ressurser)

1.3 Jorda i solsystemet og universet

- 1.3.1 Jorda i solsystemet (Jord-, Sol-, Måne-system, natt og dag, tidevann, gravitasjon, nordlig/ sydlig halvkule, årstider)
- 1.3.2 Planeter i solsystemet (planetenes fysiske trekk, rekkefølgen i solsystemet)
- 1.3.3 Utenfor solsystemet (galakser, sorte hull, kvasarer, stjernetyper, stjernekonstellasjoner)
- 1.3.4 Evolusjonen av universet (opprikkelse, historie, fremtid)

3.3 Energi og fysiske prosesser

- 3.3.1 Energityper, kilder, ressurser, konversjon/ omdanning (mekanisk [potensiell og kinetisk]; kjemisk, kjerneenergi, fossilt brennstoff)
- 3.3.2 Magnetisme (magneter og deres magnetiske felt, magnetiske egenskaper; elektromagnetisme)

3.6 Kraft og bevegelse

3.6.1 Typer av krefter (gravitasjon, friksjon, sentripetalkraft)

3.6.4 Relativitetsteori

4.2 Samspillet mellom naturvitenskap, matematikk og teknologi

4.3 Samspillet mellom vitenskap, teknologi og samfunn

6 MILJØ OG RESSURSER

6.1 Forurensning (sur nedbør, termisk forurensning, global oppvarming, kjernefysisk avfall, tungmetall-utslipp)

6.2 Vern av ressurser på land, i havet, i sjøer og vassdrag (regnskog, urskog, gressland (beitemark), vanntilførsel)

6.3 Bevaring av råstoff og energi kilder/ ressurser (fossile brennstoff versus alternative energikilder, resirkulering av aluminium)

6.4 Jordas befolkning (befolknings-statistikker, tendenser og trender; konsekvenser av en økning av Jordas folketall [hungerskatastrofer, pandemier])

6.5 Mat: produksjon og lagring (landbruksmetoder, mat-tilførsel/ -behov, transport og fordelingsmetoder)

6.6 Følger av naturkatastrofer (ødeleggelse av miljøet ved hurricanes, tyfoner, storm, orkan, tsunami, vulkanutbrudd, tørke)

7 VITENSKAPENS NATUR

7.1 Vitenskapelig kunnskap: særtrekk (vitenskapelige metoder, kunnskapens verifikasjon, kunnskapens gjenstand for endring)

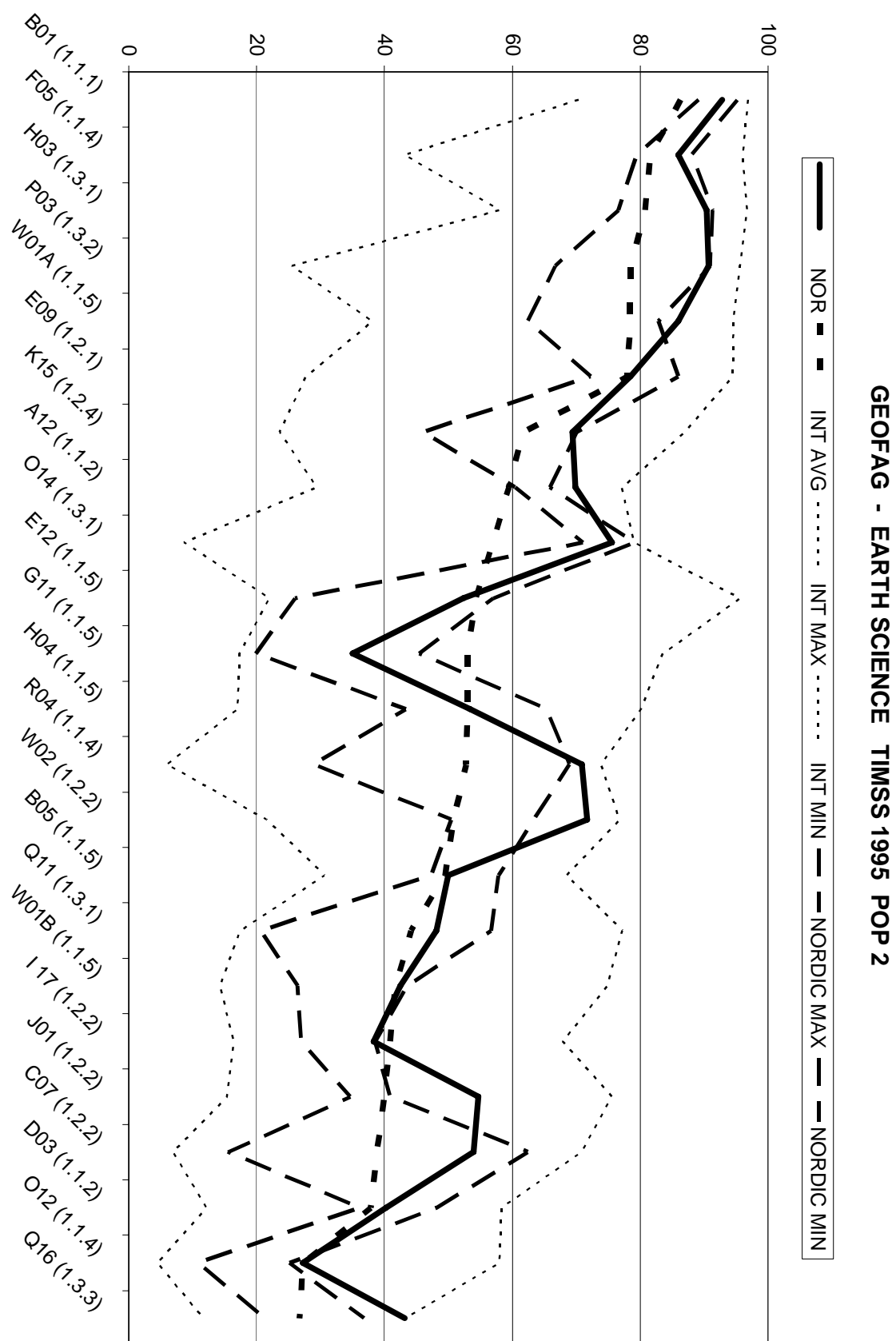
7.2 Vitenskapens formål (retningslinjer for etikk og beslutninger, profesjonell kommunikasjon, det vitenskapelige samfunn, personell og prosesser in storskala forskningsforetak)

Utførelsesforventninger

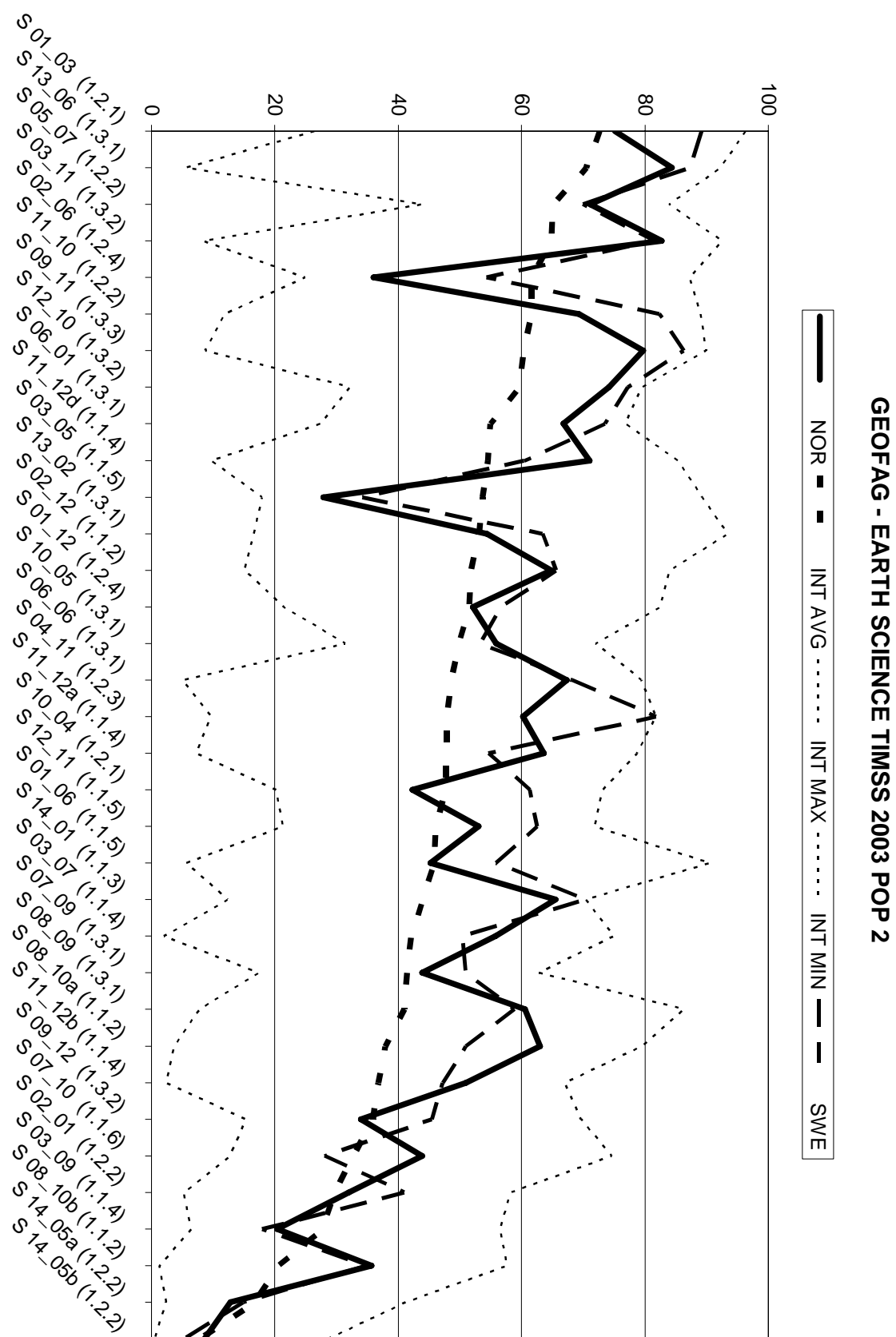
(2.1) Forståelse: Utførelsesforventninger er at elevene vil forstå typen informasjon i nevnte kategori. I noe av materialet vil det være vanskelig å avgjøre forskjellen mellom enkel, kompleks og tematisk informasjon.

(Robitaille, David F. (1993): **Curriculum Frameworks for Mathematics and Science**, TIMSS MONOGRAFH No. 1, Appendix D, p 85-98)

9.2 Grafiske kart

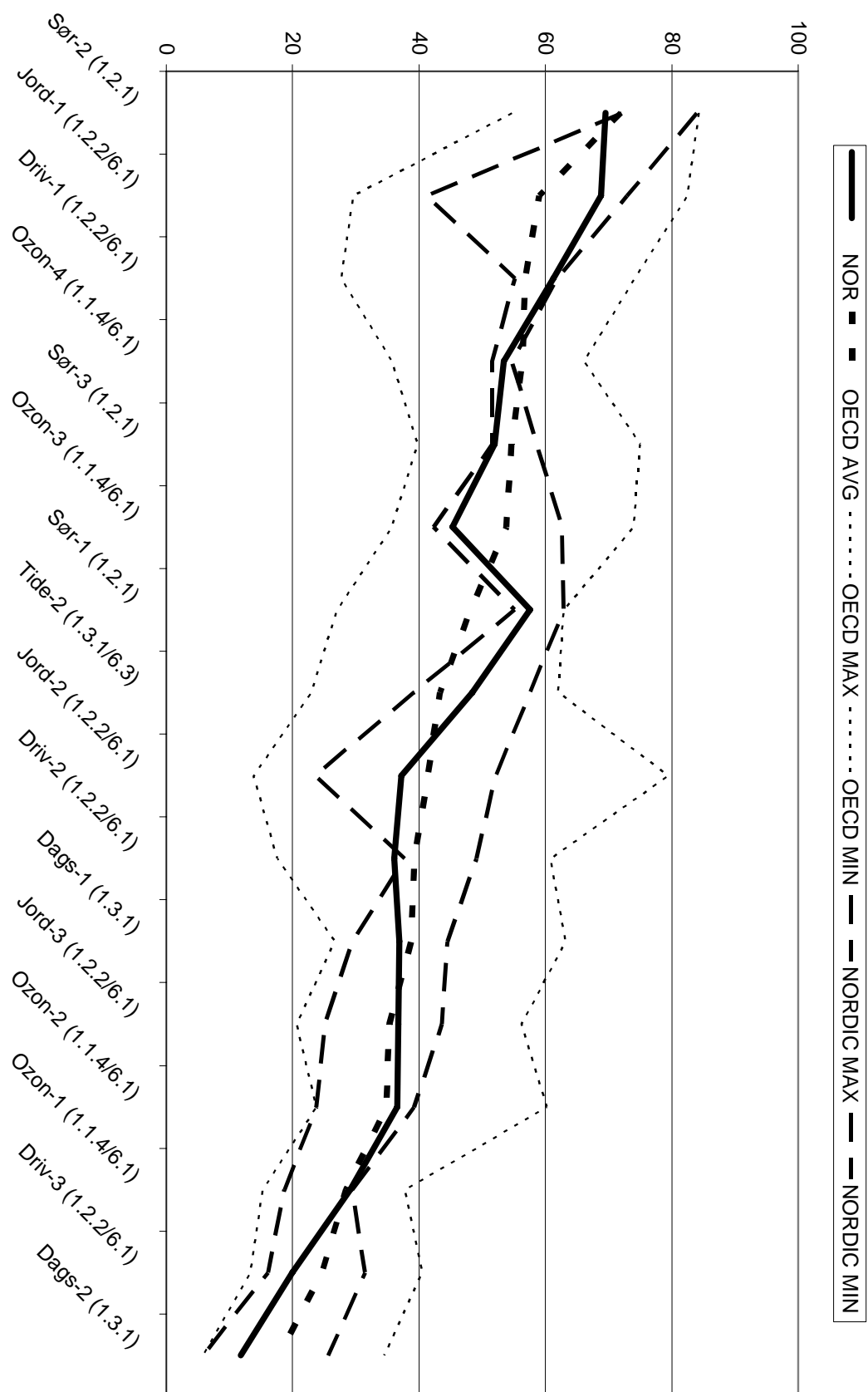


Figur 1:



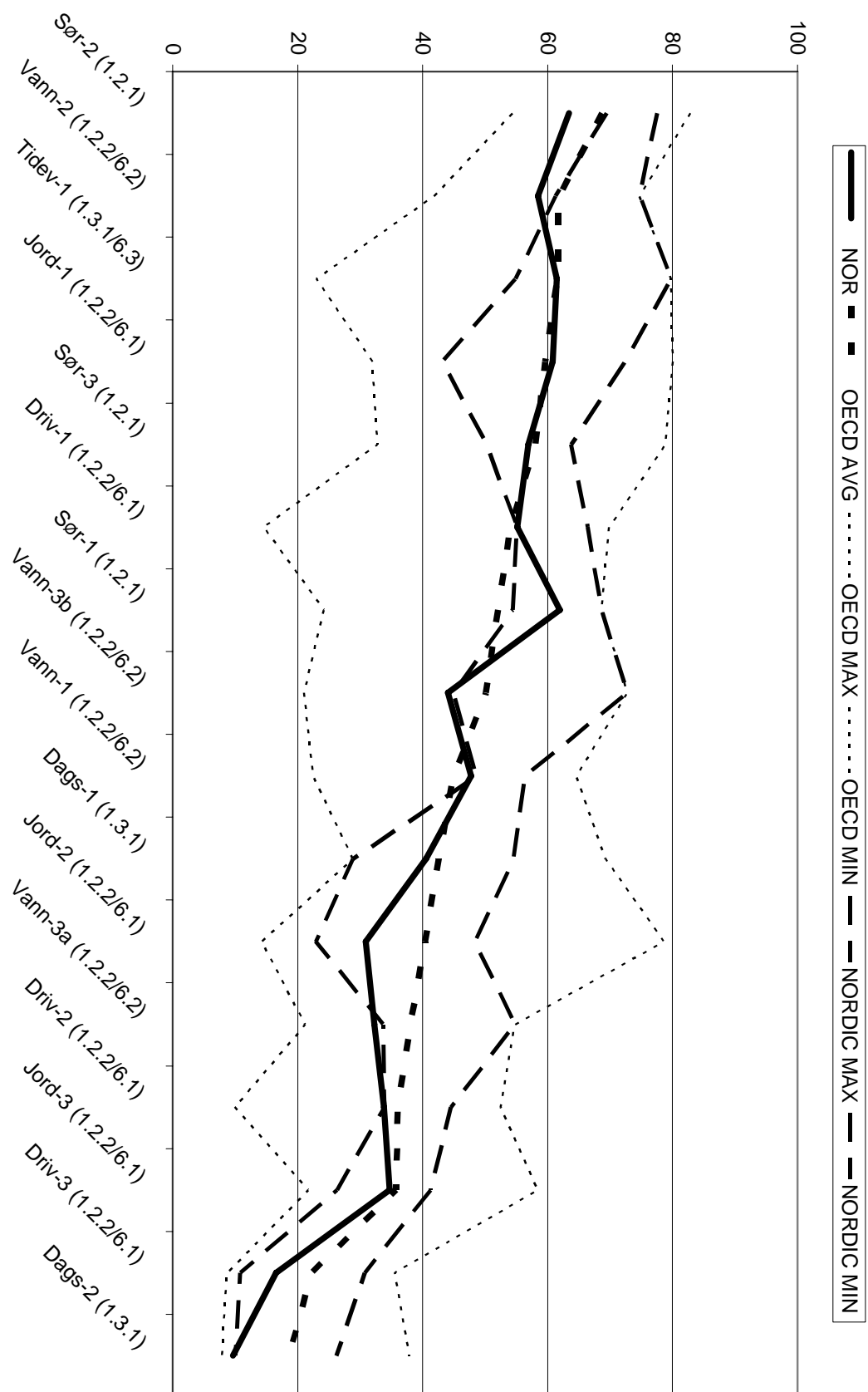
Figur 2:

GEOFAG PISA 2000



Figur 3:

GEOFAG PISA 2003



Figur 4: